
Freiherr Marschalk von Ostheim

Braunschweig. **PROSPECTUS.** October 1858.

Die

# Schule der Chemie,

oder

## Erster Unterricht in der Chemie,

versinnlicht durch

## einfache Experimente.

Zum

Schulgebrauch und zur Selbstbelehrung,

insbesondere für

angehende Apotheker, Landwirthe, Gewerbtreibende 2c.

Von

**Dr. Julius Adolph Stöckhardt,**

Königl. Sächs. Hofrath, Professor der Chemie an der Königlichen Akademie für Forst- und Landwirthe zu Tharand und K. S. Apothekenrevisor.

**Zehnte verbesserte Auflage.**

Mit 286 neu gestochenen in den Text eingedruckten Holzschnitten.

8. geh. Velinp. Preis 2 Thlr.

Druck und Verlag von Fr. Vieweg und Sohn in Braunschweig.

## Vorwort des Verfassers.

Als der Verfasser vor nahezu zwölf Jahren sein chemisches Schifflein mit der Flagge: Versuch, die Chemie genießbar für Laien zu machen, vom Stapel laufen ließ, da hoffte er wohl auf eine leidliche Küstenfahrt und einen bescheidenen Küstenhandel; das aber wagte er keineswegs zu hoffen, daß dessen Ladung auch in entfernteren Gegenden Nachfrage finden und diese Nachfrage ihm die Freude verschaffen würde, jedes Jahr für eine neue Befrachtung Sorge zu tragen. Mancher würdige, erfahrene chemische Pilot hat dem harmlosen Segler ein ermunterndes Glückauf zugerufen und nützlichen Rath ertheilt; auch pädagogische Meister haben ihn auf ihrem Oceane willkommen geheißen. Hat der Verfasser seinen Dank für diese unverdiente Aufmerksamkeit nicht besser ausdrücken zu können geglaubt, als dadurch, daß er jeden wohlgemeinten Rath gewissenhaft benutzte, so fühlt er sich doch gedrungen, diesen Männern, wie den vielen anderen, bekannten und unbekannten Freunden, die

zu seiner Kundschaft gehören, hiemit noch insbesondere seinen aufrichtigen Dank, mit der Bitte um fürderes Wohlwollen, abzustatten. Eine besondere Genugthuung ist es ihm gewesen, daß auch die zum Studium der Chemie am Schlusse des Werkes empfohlenen kleinen chemischen Apparate vielfache Benutzung gefunden haben. Der sehr zu empfehlende Mechanicus Hugershoff in Leipzig hat deren allein schon über 1000 Stück, davon welche nach England, Rußland, Amerika ꝛc. versendet, und von dem renommirten Handlungshause W. Batka in Prag sind neuerdings Niederlagen solcher Apparate in London und New-York errichtet worden.

Gleicher Theilnahme haben sich die Uebersetzungen des Werkes in Amerika, England, Holland, Schweden, Dänemark, Rußland und Böhmen zu erfreuen gehabt, da auch dort bereits mehrfache Auflagen davon erschienen sind.

Besondere durchgreifende Veränderungen sind für diese neue Auflage nicht vorgenommen worden, da eine äußere oder innere Nöthigung hiezu sich nicht geltend gemacht hat; wohl aber haben alle durch das Fortschreiten der Wissenschaft nöthig gewordenen Aenderungen und Zusätze sorgfältige Berücksichtigung gefunden. Ueber die Einrichtung und Eigenthümlichkeit des Buches möge es gestattet sein, das bereits früher hierüber Mitgetheilte zu wiederholen.

Da der Unterricht in der Chemie nur durch Versuche vermittelt, die chemische Theorie nur durch chemische Experimente verdeutlicht werden kann, so sind diese letzteren, und zwar nach folgenden Gesichtspunkten zur Hauptsache erhoben worden:

1) Die Experimente müssen einfach und gefahrlos sein, damit der Anfänger in den Stand gesetzt werde, sie nach der gegebenen Beschreibung anzustellen und zu wiederholen. Eine einfache Weingeistlampe, ein blecherner Dreifuß, ein Retortenhalter, ein Löthrohr, ein Platinblech und einige Kochfläschchen, Probirgläschen, Porcellanschälchen und Glasröhren, das ist im Wesentlichen der ganze, nur einige Thaler kostende chemische Apparat, mit dessen Hülfe sich alle in diesem Werke beschriebenen Versuche ausführen lassen. Zu weiterer Versinnlichung dienen gegen 300 Holzschnitte aus dem ausgezeichneten Atelier der Verlagshandlung.

2) Die Experimente müssen die Basis, das Fachwerk bilden für die Theorie. Der Anfänger soll daran beobachten, reflectiren, urtheilen lernen, er soll aus ihnen die allgemeinen chemischen Beziehungen

und Wahrheiten selbst entwickeln, selbst nacherfinden, und sich auf diese Weise mit der manuellen Fertigkeit zugleich ein geistiges Eigenthum durch eigene Thätigkeit erwerben. Jeder Versuch, jede dabei beobachtete Thatsache wird ihm dann ein Sieg sein, der zu neuer Anstrengung aufmuntert. Das Experiment ist aus diesem Grunde immer vorangestellt worden; die Erklärungen, Begriffsbestimmungen, Folgerungen u. s. w. mag der Schüler erst dann nachlesen, wenn die Erscheinungen durch das Experiment ihm zu bekannten Größen geworden sind.

3) Die Experimente müssen vorzüglich mit bekannten Körpern angestellt werden und bekannte Erscheinungen erklären. Bei der Unzahl von chemischen Elementen und Verbindungen ist es unerläßlich, eine Sonderung der minder wichtigen von den wichtigeren eintreten zu lassen und dem Anfänger nur die letzteren ausführlich darzubieten. Es ist ihm jedenfalls das Zuwenig gesünder, als das Zuviel. Chemisch lesen zu lehren, das ist die eigentliche Aufgabe dieses Werkchens, und dazu reicht es hin, wenn nur die wichtigsten chemischen Körper und Erscheinungen, d. h. diejenigen, welche entweder im gewöhnlichen Lebensverkehr häufig vorkommen, oder aber vorzugsweise zur Begründung wissenschaftlicher Sätze geeignet erscheinen, dem Schüler bekannt werden. Ist er nur mit diesen recht innig vertraut, so kann er chemisch lesen, und es wird ihm nun nicht schwer werden, aus anderen Lehrbüchern, deren wir gerade in Deutschland so viele und zum Theil so vorzügliche haben, weitere Belehrungen zu schöpfen.

4) Die Experimente müssen in natürlicher Reihenfolge vom Bekannten zum Unbekannten aufsteigen. Wenn der Verfasser dem Ausspruche Baco's: »Daß in einer Wissenschaft nicht viel mehr geleistet werde, wenn man anfange, sie systematisch zu behandeln,« auch nicht unbedingt beipflichten möchte, so steht er doch nicht an, ihn mit der vollsten Ueberzeugung zu unterschreiben, wenn man ihn auf den Elementarunterricht, und zwar speciell auf den naturwissenschaftlichen bezieht. Die überraschenden Resultate, welche durch die Jacotot'sche und neuerdings durch die Robertson'sche Methode des Sprachunterrichts erlangt worden sind, sie verdienen gewiß in hohem Grade auch die Aufmerksamkeit der Lehrer der Naturwissenschaften. Cum grano salis auf den naturwissenschaftlichen Stoff angewendet, dürften die Principien dieser naturgemäßen und anregenden Methoden sicherer zu erfreulichen Ergebnissen

führen, als die übliche, starr-systematische, sogenannte wissenschaftliche Behandlung, bei der der Anfänger, statt freudig von der Anschauung zum Begriff, vom Begriff zur Idee emporzuklettern, oft nur seufzend unter einem todten Ballast von aufgestapelten Notizen und Namen seine Straße zieht. In diesem Werkchen ist die jetzt herrschende Anordnung und Eintheilung des chemischen Unterrichtsstoffes zwar im Allgemeinen festgehalten worden, bei der Ausführung im Einzelnen dagegen hat der Verfasser nie Anstand genommen, von dem systematischen Gange in allen Fällen abzuweichen, wo durch diese Abweichung dem Auffassungsvermögen des Anfängers eine Erleichterung geboten werden konnte. Das Einrangiren der zu einer Gruppe gehörigen Individuen in systematische Reihen und Glieder soll später von dem Schüler selbst vorgenommen werden, und zwar erst dann, wenn er die persönliche Bekanntschaft der ersteren bereits gemacht hat. Ein Rückblick am Schluß jeder Gruppe enthält eine Zusammenstellung der in derselben vorgekommenen theoretischen Lehrsätze. Die zum Studium der Chemie, namentlich zum chemischen Experimentiren unentbehrlichen physikalischen Grundlehren gehen der Betrachtung des Wassers, der Luft und der Kohle voran.

In Bezug auf die Form der Darstellung ist zu erwähnen, daß der Verfasser nur dem einen Ziele nachgestrebt hat: die streng wissenschaftliche chemische Sprache in's Populäre zu übersetzen, d. h. faßlich und verständlich zu schreiben, damit Jeder, der Lust hat, die Chemie näher kennen zu lernen, sich auch ohne Lehrer so weit ausbilden könne, um andere chemische Schriften zu verstehen. Sollte er in diesem Bestreben hier und da zu weit gegangen sein, oder vielleicht dem alten bewährten »iter breve per exempla« eine zu große Berücksichtigung geschenkt haben, so glaubt er doch, im Hinblick auf die große Schwierigkeit, bei so reichem Material die rechte Mitte zu treffen, auf einen milden Richterspruch hoffen zu dürfen. Das Eine sei hier nur noch bemerkt, daß die vielen Beispiele und Hinweisungen auf die Anwendung der Chemie nicht sowohl um des materiellen oder professionellen, als vielmehr um des pädagogischen Nutzens willen aufgenommen worden sind; dieselben sind nämlich immer so an chemische oder physikalische Erscheinungen, an die Eigenschaften der Körper ꝛc. angereiht worden, daß sie einerseits ein Hülfsmittel zum Verständniß der Theorie, andrerseits ein mnemonisches Mittel zum Einprägen und Festhalten der letzteren abgeben sollen.

Die Chemie ist, abgesehen von ihrer Nützlichkeit, die Niemand bestreiten wird, eine so schöne Wissenschaft: sie macht uns erst recht heimisch in unserer allernächsten Nähe; sie giebt uns den Schlüssel zu den allergewöhnlichsten Naturerscheinungen, zu den zahllosen Veränderungen, die ohne Unterbrechung um uns her vor sich gehen; sie zeigt auch im Kleinsten das Walten einer ewigen Ordnung und Weisheit; sie bildet das Beobachtungsvermögen und den Scharfblick so des Auges wie des Geistes. Und doch wird sie immer noch nicht als ein allgemeines Bildungsmittel anerkannt, noch nicht in allen Gymnasien, in allen Seminarien gelehrt! Eine Wissenschaft, die uns Aufschluß giebt über die gewöhnlichsten Erscheinungen in der Natur, sollte nicht jedem nach Bildung strebenden Menschen von hohem Interesse sein? Eine Wissenschaft, die uns zeigt, daß auch im Kleinsten eine ewige Weisheit, Ordnung und Gesetzmäßigkeit herrscht, sollte nicht auch einen wohlthätigen Einfluß auf das moralische Gefühl des Menschen ausüben? Eine Wissenschaft, welche das Beobachtungs- und Urtheilsvermögen des Menschen schärft, sollte nicht auch um des pädagogischen Nutzens willen, als formales Bildungsmittel, Eingang in höheren Bildungsanstalten verdienen? Kann ein Geistlicher, ein Schulmann, ein Gebildeter überhaupt, unwissend bleiben in den gemeinsten Wahrheiten, die in wenigen Jahrzehnden Eigenthum, wenn auch nicht aller, doch sehr vieler Handwerker und Landleute sein werden? Die Befürchtung, daß durch die Aufnahme der Chemie unter die Unterrichtsgegenstände für Gymnasien und Seminarien den übrigen Disciplinen zu viel Zeit entzogen werde, wird kaum als eine erhebliche anzusehen sein, da ein halbjähriger Cursus von wöchentlich nur zwei Stunden einem umsichtigen Lehrer schon genügen würde, um den Zöglingen der obersten Klasse die Grundwahrheiten der Chemie zum klaren Bewußtsein zu bringen. Eben so unbegründet ist die zweite, in gewissen Kreisen stereotyp gewordene Beschuldigung, daß die Chemie zu nützlich sei und den Materialismus befördere. Zu läugnen ist es allerdings nicht, daß der chemische Unterricht, gerade so wie der Unterricht in Sprachen, Geographie, Mathematik u. s. w. in der Hand eines geistlosen Führers zum fleischlosen Skelett, zur tönenden Schelle werden kann; der Vorwurf trifft nur dann nicht die Wissenschaft, sondern den ungeschickten Priester derselben. So lange man es einer Pflanze nicht als einen Tadel anrechnet, wenn sie nebst einer duftigen Blüthe zugleich eine erquickende Frucht trägt, so lange wird auch die Chemie nicht darüber zu erröthen brauchen, daß sie nicht nur

ein Culturmittel für unseren Geist, sondern auch ein Beförderungsmittel unserer materiellen Wohlfahrt ist.

Und so lichte es denn fröhlich wieder seine Anker, das neubefrachtete Schifflein, und stifte neuen Nutzen, und finde neue Freunde!

Tharand, im October 1858.

Julius Adolph Stöckhardt.

---

Mit wahrer Freude kündigt der Verleger die zehnte Auflage dieses Werkes an, welche binnen noch nicht 12 Jahren nach dem ersten Erscheinen nöthig wurde. Die rasche und große Verbreitung des trefflichen Buches mag ihm als die beste Empfehlung für die Erreichung des vorgesteckten Zieles dienen.

Der Preis ist ein sehr billiger, 45 Bogen mit 286 Abbildungen, 2 Thaler.

Jede Buchhandlung ist in den Stand gesetzt, auf 6 auf einmal bezogene Exemplare ein Frei-Exemplar zu bewilligen.

Ein Verzeichniß der chemischen Apparate, wie sie das Buch für seine Zwecke wünscht, nebst Angabe der Preise und Bezugsquellen für dieselben ist am Schlusse beigefügt.

Braunschweig, im October 1858.

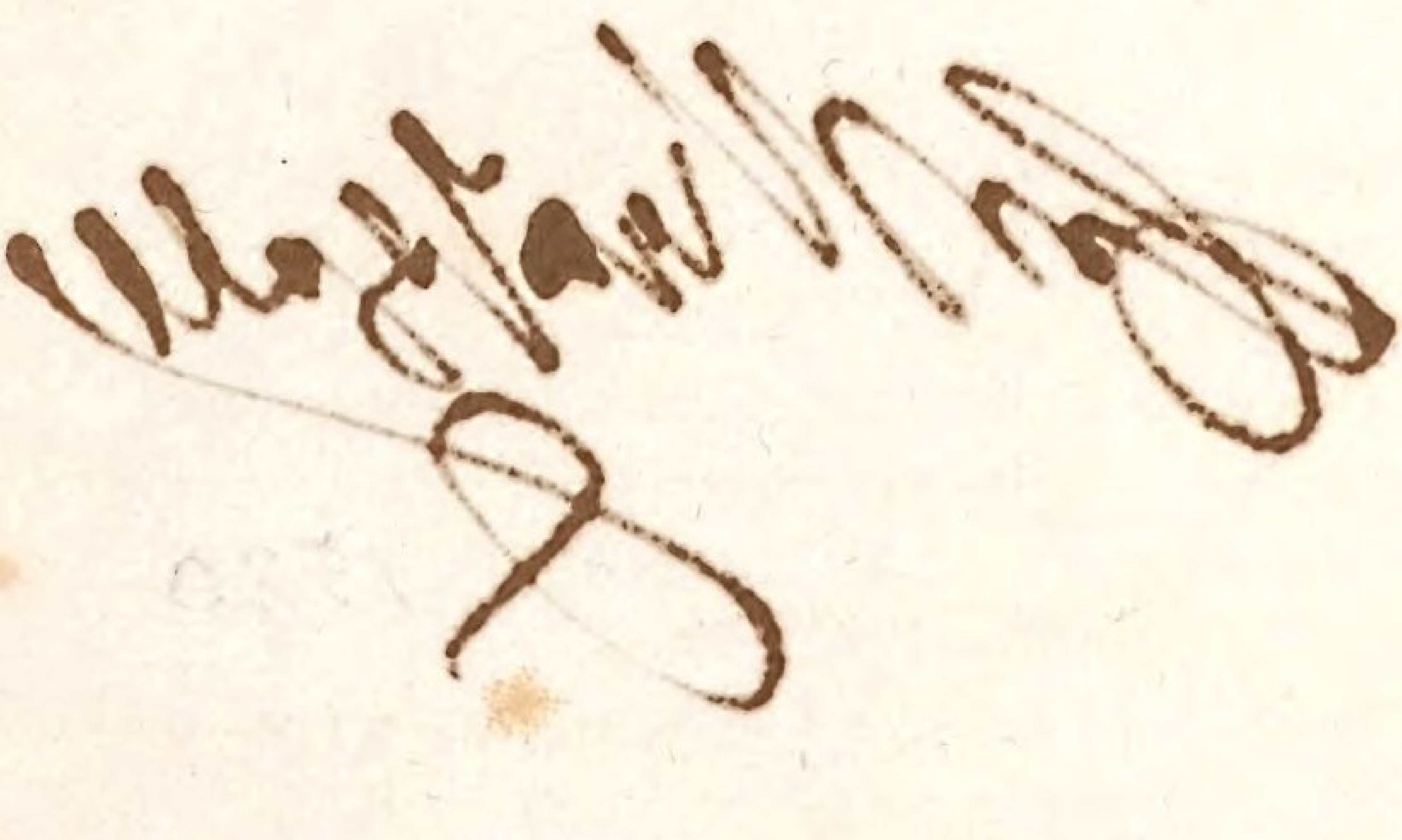
Friedrich Vieweg und Sohn.

Die

# Schule der Chemie.

Holzschnitte
aus dem xylographischen Atelier
von Friedrich Vieweg und Sohn
in Braunschweig.

Papier
aus der mechanischen Papier-Fabrik
der Gebrüder Vieweg zu Wendhausen
bei Braunschweig.



Die

# Schule der Chemie,

oder

## Erster Unterricht in der Chemie,

versinnlicht durch

## einfache Experimente.

---

Zum

Schulgebrauch und zur Selbstbelehrung,

insbesondere für

angehende Apotheker, Landwirthe, Gewerbtreibende rc.

Von

Dr. Julius Adolph Stöckhardt,

Königl. Sächs. Hofrath, Professor der Chemie an der Königlichen Akademie für Forst- und Landwirthe zu Tharand und K. S. Apothekenrevisor.

---

Zehnte verbesserte Auflage.

---

Mit 286 neu gestochenen in den Text eingedruckten Holzschnitten.

---



Braunschweig,

Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.

1858.

# Inhalt.

## I. Unorganische Chemie.

## II. Organische Chemie.

### Pflanzenstoffe.



### Thierstoffe.

Erste Abtheilung.

# Unorganische Chemie.

(Chemie der mineralischen Stoffe.)

---

# Chemische Processe.

1. Jedermann weiß, daß ein Stück Eisen sich beim Ausglühen in Hammerschlag, beim Liegen in feuchter Luft oder Erde aber in Rost verwandelt; daß der ausgepreßte Saft der Weintrauben nach und nach zu Wein wird und dieser wieder zu Essig; daß Holz in einem Ofen oder Oel in einer Lampe beim Verbrennen verschwindet; daß thierische und Pflanzenstoffe mit der Zeit verderben, zerfallen und endlich gleichfalls verschwinden. Chemische Veränderungen oder Processe.

Hammerschlag und Rost sind verändertes Eisen: das Eisen ist hart, zähe, grauweiß und glänzend, in der Glühhitze wird es schwarz, matt und brüchig, in feuchter Luft braungelb und pulverig. Der Wein ist veränderter Most: von dem süßen Geschmack, den der Traubensaft besaß, ist an ihm nichts mehr wahrzunehmen, er schmeckt geistig und besitzt eine erwärmende und berauschende Kraft, die in dem Moste nicht vorhanden war. Der Essig ist veränderter Wein: er schmeckt und riecht sauer, statt geistig, und sein Genuß wirkt nicht mehr berauschend, sondern vielmehr kühlend und niederschlagend. Das bei der Verbrennung verschwundene Holz oder Oel müssen wir in der Luft suchen, beide Stoffe verwandeln sich beim Verbrennen in Luftarten; bei dieser Verwandlung wird zugleich Wärme und Licht erzeugt: sie erfolgt unter der Erscheinung von Feuer. Aehnlich sind die Veränderungen, welche Pflanzen- und Thierstoffe bei längerer Aufbewahrung

erleiden, sie verwandeln sich, während sie verfaulen oder verwesen, nach und nach in Luftarten, die zum Theil einen sehr unangenehmen Geruch besitzen.

Solche Vorgänge, bei welchen, oft unter Erwärmung oder Feuererscheinung, das Gewicht, die Form, die Festigkeit, die Farbe, der Geschmack, der Geruch und die Wirkung der Körper verändert werden, so daß aus ihnen neue Körper mit ganz neuen Eigenschaften entstehen, nennt man chemische Vorgänge oder chemische Processe.

Allgemeinheit der chemischen Processe.

2. Wohin wir nur blicken auf unserer Erde, überall gewahren wir chemische Processe, auf dem Festlande, in der Luft, wie in der Tiefe des Meeres. Der starre Basalt, die glasartige Lava, sie werden nach und nach mürbe, ihre dunkle Farbe geht in eine hellere über, sie zerfallen zu kleinen und immer kleineren Brocken, sie werden endlich zu Erde. Eine Kartoffel, in die Erde gelegt, wird weich, ihr zuvor mehliger Geschmack süß, endlich faulig. Der Keim, der daraus im finsteren Keller zu einem zarten, krankhaft-blassen Schößlinge emportreibt, wächst am Lichte zu einer kräftigen, festen grünen Pflanze heran. Diese saugt aus der feuchten Erde und der Luft ihre Nahrung ein und setzt aus den Bestandtheilen derselben neue Körper zusammen, die vorher weder in der Erde noch in dem Wasser oder der Luft zu finden waren. Ein feines Netzwerk von Zellen und Röhren durchzieht die ganze Pflanze und verleiht ihr Festigkeit, wir nennen sie Pflanzenfaser oder angehendes Holz; in dem Safte, welcher in diesen Zellen auf- und absteigt, finden wir Eiweiß und andere schleimige Stoffe; in den Blättern und dem Stengel einen grünen Farbstoff, das Blattgrün; in den reifen Knollen einen mehligen Körper, die Stärke. Alle diese Stoffe sind unschädlich für die Gesundheit. Wachsen die Kartoffeln dagegen im Dunkeln und ohne Erde, z. B im Keller, so erzeugt sich in ihren langen, blassen Trieben ein giftiger Körper, das Solanin.

Die Knollen der Kartoffelpflanze bilden eins unserer wichtigsten Nahrungsmittel. Das darin enthaltene Stärkemehl läßt sich in Wasser nicht auflösen, im Magen aber erfährt es sehr schnell eine solche Ver-

änderung, daß es aufgelöst oder verdaut und sodann als Flüssigkeit dem Blute zugeführt werden kann. Das Blut trifft in den Lungen mit der eingeathmeten Luft zusammen; dabei verändert das Blut seine Farbe, dabei verändert die Luft ihre Beschaffenheit, dabei entwickelt sich die Wärme, die wir in unserem Körper fühlen ꝛc. Wir müssen aus diesen Veränderungen schließen, daß auch in unserem Körper chemische Processe stattfinden.

Lebenskraft und chemisch. Processe.

3. So lange eine Pflanze oder ein Thier lebt, stehen die chemischen Processe unter der Vormundschaft einer höheren, geheimnißvollen Gewalt, die man Lebenskraft nennt, und werden von dieser gezwungen, die Stoffe zum Bau der Pflanzen- und Thierkörper zu liefern. Die Lebenskraft ist gleichsam der Baumeister, welcher den Riß macht zum Gebäude, und darauf sieht, daß die erforderlichen Materialien durch die chemischen Processe angeschafft und nach seinem Willen verarbeitet werden. Hierbei entstehen zahllose neue Körper, die wir künstlich nachzubilden nicht im Stande sind, z. B. Holz, Zucker, Stärke, Fett, Leim, Fleisch ꝛc. Man nennt sie organische Verbindungen oder Pflanzen- und Thierstoffe, im Gegensatz zu den unorganischen oder Mineralkörpern, welche wir aus ihren Bestandtheilen zusammensetzen, also künstlich nachbilden können. Hört aber das Leben in einer Pflanze oder einem Thiere auf, so erlangen die chemischen Processe die Oberhand, und sie allein sind es, welche, als die Todtengräber der Natur, die alte Wahrheit in Erfüllung gehen lassen: »Was von der Erde ist, soll wieder zu Erde werden.« Die Blätter der Kartoffelpflanze werden gelb, endlich braun, sie fallen ab und verwandeln sich nach und nach in eine dunkele pulverige Masse (Humus); ja im Laufe der Zeit verschwindet auch diese vollständig, bis auf ein wenig Asche, welche nicht mit flüchtig werden konnte. Was hier in Jahren geschieht, erfolgt in Minuten, wenn wir die trocknen Blätter in's Feuer werfen. Der chemische Vorgang ist in beiden Fällen ein ganz ähnlicher, die Zeit nur ist verschieden, in welcher derselbe vollendet wird: er geht rasch vor sich, als Verbrennung, bei starker Wärme; dagegen langsam, als Verwesung,

bei geringer Wärme. Was uns Vernichtung scheint, ist aber nur Verwandlung. Die bei der Verbrennung oder Verwesung nicht vernichteten, sondern nur unsichtbar gewordenen Stoffe finden wir, in anderer Form, genau ihrem Gewichte nach in der Luft wieder; aus dieser werden sie durch die in den lebenden Pflanzen vorkommenden chemischen Processe wieder zur Erde herabgezogen.

Wichtigkeit der chemischen Kenntnisse.

4. Sehen wir hieraus, wie die unergründliche göttliche Allmacht sich die chemischen Processe zu Dienern bestellte, um durch sie den ewigen Wechsel hervorzubringen, den wir tagtäglich um uns her in der Natur gewahren, und um durch sie ununterbrochen aus dem Tode immer wieder neues Leben hervorzurufen: so wird es von selbst einleuchten, wie bildend und belehrend für jeden denkenden Menschen die Wissenschaft sein muß, die ihm diesen Wechsel erklärt und eine genauere Einsicht in die Wunder der Schöpfung gestattet. Diese tiefere Einsicht wird den menschlichen Geist nicht nur zu höherer Ausbildung und Vervollkommnung führen, sondern sie muß ihn zugleich mit größerer Bewunderung und inniger Verehrung gegen den erfüllen, der in diesen Wundern uns seine unerforschliche Allmacht und Weisheit offenbarte.

Das Interesse an dem chemischen Wissen wird aber auch noch von einer anderen Seite her auf eine mächtige Weise angeregt, durch die nützliche Anwendung nämlich, welche wir von demselben im Leben machen können. Die Chemie lehrt dem Apotheker: Arzneimittel darzustellen; sie lehrt dem Arzte: mit diesen Arzneimitteln Krankheiten zu vertreiben; sie zeigt dem Bergmanne nicht nur die in Gesteinen versteckten Metalle, sondern sie hilft sie ihm auch ausschmelzen und verarbeiten. Chemie, im Bunde mit der Physik, ist vorzugsweise der Hebel gewesen, durch welchen so viele Künste und Gewerbe innerhalb der letztverflossenen Jahrzehnde zu einer so außerordentlichen Ausbildung gebracht wurden; durch sie sind uns zahllose Bequemlichkeiten des Lebens dargeboten worden, die unsere Aeltern noch entbehren mußten. Daß sie der Landmann auch recht bald als eine unentbehrliche Hausfreundin ansehen werde, ist nicht zu bezweifeln; ist sie es doch allein, welche ihm die Bestandtheile seines Ackerlandes anzeigt, welche ihn

bekannt macht mit den Nahrungsmitteln der Pflanzen, die er auf diesem Lande erbauen will, und mit den Mitteln, durch welche er die Fruchtbarkeit seiner Felder zu erhöhen vermag.

Chemische Kraft oder Verwandtschaft.

5. Chemische Kraft. Glüht man ein Loth Eisen so lange, bis sich eine starke Rinde von Hammerschlag um dasselbe gebildet hat, und wägt es nachher, so wird man finden, daß es an Gewicht zugenommen hat: es muß also aus der Luft etwas Wägbares zu demselben getreten sein. Dieses Wägbare ist eine Luftart, die man Sauerstoff nennt; durch ihre Vereinigung mit dem Eisen wird sie fest, man ist aber im Stande, ihr durch andere chemische Processe die Luftform wieder zu geben. Läßt man den Hammerschlag an feuchter Luft längere Zeit liegen, so wird er allmälig zu Rost und wiegt nun abermals mehr als vorher: er hat Wasser und noch etwas Sauerstoff aus der Luft angezogen und sich damit verbunden. Der Hammerschlag besteht demnach aus Eisen und Sauerstoff, der Rost aus Eisen, Sauerstoff und Wasser, welche sich auf's Innigste mit einander vereinigt welche sich chemisch verbunden haben. Als die Ursache dieser Vereinigung, wie aller chemischen Veränderungen überhaupt, sieht man eine eigenthümliche Kraft an, welche man chemische Kraft oder Verwandtschaft, auch Affinität, genannt hat, und man sagt von Körpern, welche die Fähigkeit besitzen, sich mit einander zu vereinigen: sie haben Verwandtschaft zu einander. Eisen hat sonach in der Glühhitze Verwandtschaft zum Sauerstoff der Luft, bei gewöhnlicher Temperatur aber auch noch zum Wasser. Ein Ducaten verändert weder seine Farbe noch sein Gewicht, man mag ihn glühen oder an feuchter Luft liegen lassen; wir schließen daraus, daß das Gold zum Sauerstoff und zum Wasser keine Verwandtschaft besitzt.

Chemische Versuche.

6. Eine Kraft läßt sich nicht sehen oder mit Händen fassen, wir bemerken sie nur an den Wirkungen, welche sie hervorbringt. Wollen wir wissen, ob ein Feuerstahl magnetische Kraft habe, so halten wir eine Nadel an denselben und versuchen, ob dieselbe angezogen wird oder nicht; wir schließen dann aus diesem Verhalten auf die Anwesenheit oder Abwesenheit von Magnetismus. Genau den-

Chemische Versuche. selben Weg, den Weg durch Versuche, muß man einschlagen, um die chemischen Kräfte, die Verwandtschaften der Körper zu einander, kennen zu lernen. Jeder Versuch ist eine Frage, die man an einen Körper richtet, die Antwort darauf erhalten wir durch eine Erscheinung, d. h. durch eine Veränderung, die wir bald durch's Gesicht oder durch den Geruch, bald durch die übrigen Sinne wahrnehmen. Oben wurde die Frage an das Eisen und Gold gestellt: ob sie Verwandtschaft haben zum Sauerstoff? Das in Hammerschlag verwandelte Eisen gab eine bejahende Antwort auf diese Frage, das unveränderliche Gold eine verneinende. Jede Veränderung, jede neue Eigenschaft, die wir an einem Körper wahrnehmen, ist ein Buchstabe in der chemischen Sprache. Um diese leicht und gründlich zu erlernen, ist es daher vor Allem für den Anfänger ersprießlich, sich im Buchstabiren, d. h. im Anstellen von Versuchen zu üben. Hierzu Anleitung zu geben, ist der Zweck dieses Werkchens, in dem vorzugsweise nur solche Versuche Platz gefunden haben, die einerseits leicht, gefahrlos und ohne große Kosten angestellt werden können, andererseits aber geeignet erscheinen, die chemischen Lehren und Gesetze daran zu erkennen und dem Gedächtnisse einzuprägen.

7. Vier Hauptfragen sind es besonders, welche der Chemiker an die verschiedenen Naturkörper richtet:

Scheiden; Analyse. a) Woraus bestehen dieselben? Hier ist ein Stück Knochen. Was wird aus diesem in einem Ofenfeuer? es wird weißer, leichter und lockerer als vorher (Knochenerde); was aber, wenn es in einem bedeckten Topfe erhitzt wird? es wird leichter und schwarz (Knochenkohle). Wie verhält sich der Knochen in kochendem Wasser oder Wasserdampf? er wird leichter und bleibt weiß, im Wasser aber ist Leim aufgelöst; wie in Salzsäure? er wird durchscheinend, die Knochenerde löst sich auf, dagegen bleibt eine knorpelige Masse zurück, die mit Wasser gekocht in Leim übergeht. Wie verhält sich der Leim im Feuer? er verkohlt in einem bedeckten Gefäße, er verbrennt und verschwindet in einem offenen. Diese wenigen Versuche zeigen, daß in den Knochen eine unverbrennliche Erde und verbrennlicher Leim ent-

halten sind; sie zeigen zugleich, daß es der verkohlte Leim ist, der die Knochenerde im zweiten Versuche schwarz färbt und sie zu Knochenkohle macht; daß sich Leim wohl in Wasser, nicht aber in Salzsäure auflöst u. a. m. Leim und Knochenerde nennt man die *näheren Bestandtheile* der Knochen; durch fortgesetzte chemische Processe lassen sich aber diese noch weiter zerlegen, d. h. in noch einfachere Bestandtheile spalten. In der Knochenerde findet man Phosphor, ein Metall (Calcium) und Sauerstoff; im Leim außer Kohle (Kohlenstoff) noch drei andere Körper (Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff). Diese lassen sich auf keine uns bekannte Weise ferner scheiden oder zerlegen und wir nennen sie aus diesem Grunde *einfache Körper* oder *chemische Elemente*. Man kennt ihrer bis jetzt ein und sechzig, und fast jedes Jahr bringt neuen Zuwachs, der aber eben von keiner großen Bedeutung für die chemische Wissenschaft oder ihre Anwendung ist, da er aus Elementen besteht, welche nur selten vorkommen. Dieses *Trennen* der zusammengesetzten Körper in einfache bezeichnet man mit dem Namen: *Analyse*.

Scheiden: Analyse.

Chemische Elemente.

b) *Welche Veränderungen erleiden die Körper, wenn man sie mit anderen zusammenbringt?* Der aus den Knochen gewonnene Phosphor leuchtet an der Luft und verwandelt sich nach und nach in eine saure Flüssigkeit; er verbindet sich dabei mit dem Sauerstoff der Luft, was das Eisen erst in der Glühhitze thut. Unter lebhaftem Feuer erfolgt diese Verbindung, wenn man den Phosphor gelind erwärmt; auch hiebei bildet sich ein saurer Körper, der aber von dem vorigen verschieden ist. Bringt man diesen mit Kalk zusammen, so entsteht ein neuer Körper, der die größte Aehnlichkeit mit der Knochenerde hat; er ist auch wirklich künstliche Knochenerde. Die Zahl der neuen Körper, welche durch die Vereinigung der Elemente mit einander oder mit zusammengesetzten Körpern hervorgebracht werden können, ist unendlich, ja es entstehen oft genug ganz verschiedenartige Stoffe, je nachdem man die Vereinigung in der Kälte oder Hitze, im Wasser oder in der Luft, in größeren oder geringeren Mengen vor sich gehen läßt. Dies ist die *Zusammensetzung* oder *Synthese*.

Zusammensetzen: Synthese.

Angewandte oder praktische Chemie.

c) Welche nützlichen Anwendungen lassen sich von den chemischen Lehren und Erfahrungen machen? Was der Chemiker gefunden, sei es ein neuer Körper, oder eine neue Eigenschaft an einem schon bekannten, oder eine neue Methode der Zusammensetzung oder Zersetzung das theilt er dem Apotheker, dem Arzte, dem Landwirthe, dem Fabrikanten und Gewerbtreibenden mit, damit diese ihrerseits Versuche darüber anstellen, ob sich davon irgend ein Vortheil, eine Erleichterung oder Verbesserung für die Pharmacie, die Heilkunde, die Technik oder die Landwirthschaft erzielen lasse Der Phosphor entzündet sich von selbst bei gelinder Erwärmung: man benutzt ihn zu Reibzündhölzchen; er wirkt in den Magen gebracht giftig: er ist gegenwärtig das gebräuchlichst. Mittel, um Ratten und Mäuse zu vertilgen. In den Samen der Getreidearten hat man, als nie fehlend, die Bestandtheile der Knochenerde, ebenso die des Leims gefunden; der Chemiker schließt daraus, daß zerkleinerte Knochen ein vorzügliches Düngemittel für Getreide abgeben müssen; der Landwirth beweist dies durch die Erfahrung im Großen. An den verkohlten Knochen entdeckte man die Eigenschaft, daß sie viele in Flüssigkeiten aufgelöste Stoffe an sich ziehen und in sich verdichten können: man benutzt sie, dieser Eigenschaft wegen, um faules Wasser wieder trinkbar zu machen; der Zuckersieder macht mit Knochenkohle braunen Syrup farblos; der Destillateur reinigt damit fuseligen Branntwein u. s. w. Dies ist die angewandte oder praktische Chemie.

Wissenschaftliche Chemie; Theorie.

d) Welches sind die Ursachen der chemischen Veränderungen und nach welchen Gesetzen erfolgen dieselben? Stellt man die chemischen Versuche, wie es sein muß, mit der Wage in der Hand an, so wird man bald bemerken, daß, wenn man zwei verschiedene Körper, die sich mit einander verbinden können, zusammenbringt, bald von dem einen, bald von dem anderen etwas unverbunden bleibt. Weitere Versuche werden zeigen, wie viel sich dem Gewichte nach von dem einen Körper mit dem anderen vereinigen kann. Prüft man alle Körper in derselben Weise, so gelangt man endlich zu der Gewißheit, daß alle chemischen Verbindungen nur in

fest bestimmten, unveränderlichen Gewichtsmengen vor sich gehen, und daß jedem einzelnen Körper ein bestimmtes, hier größeres, dort kleineres Gewicht vorgeschrieben ist, mit welchem er allemal in irgend eine Verbindung eintritt (268 ff.). Diese Gewißheit nennen wir ein Naturgesetz. Solcher Naturgesetze hat man schon gar viele ermittelt, und sie dienen dem Chemiker als eine sichere Richtschnur bei seinen Arbeiten, da sie sich nicht willkürlich umgehen oder abändern lassen, wie die menschlichen Gesetze. Durch sie allein gelangt man zu einer wissenschaftlichen Einsicht in die chemischen Processe, und zu der Befähigung, durch Versuche richtige Fragen an die Körper zu richten und die Wahrheit der erhaltenen Antworten zu prüfen. Eine auf Naturgesetze gestützte Erklärung der chemischen Processe, die unseren Geist in den Stand setzt, sich eine Vorstellung von dem Vorgange dabei zu machen, heißt eine Theorie. Wissenschaftliche Chemie; Theorie.

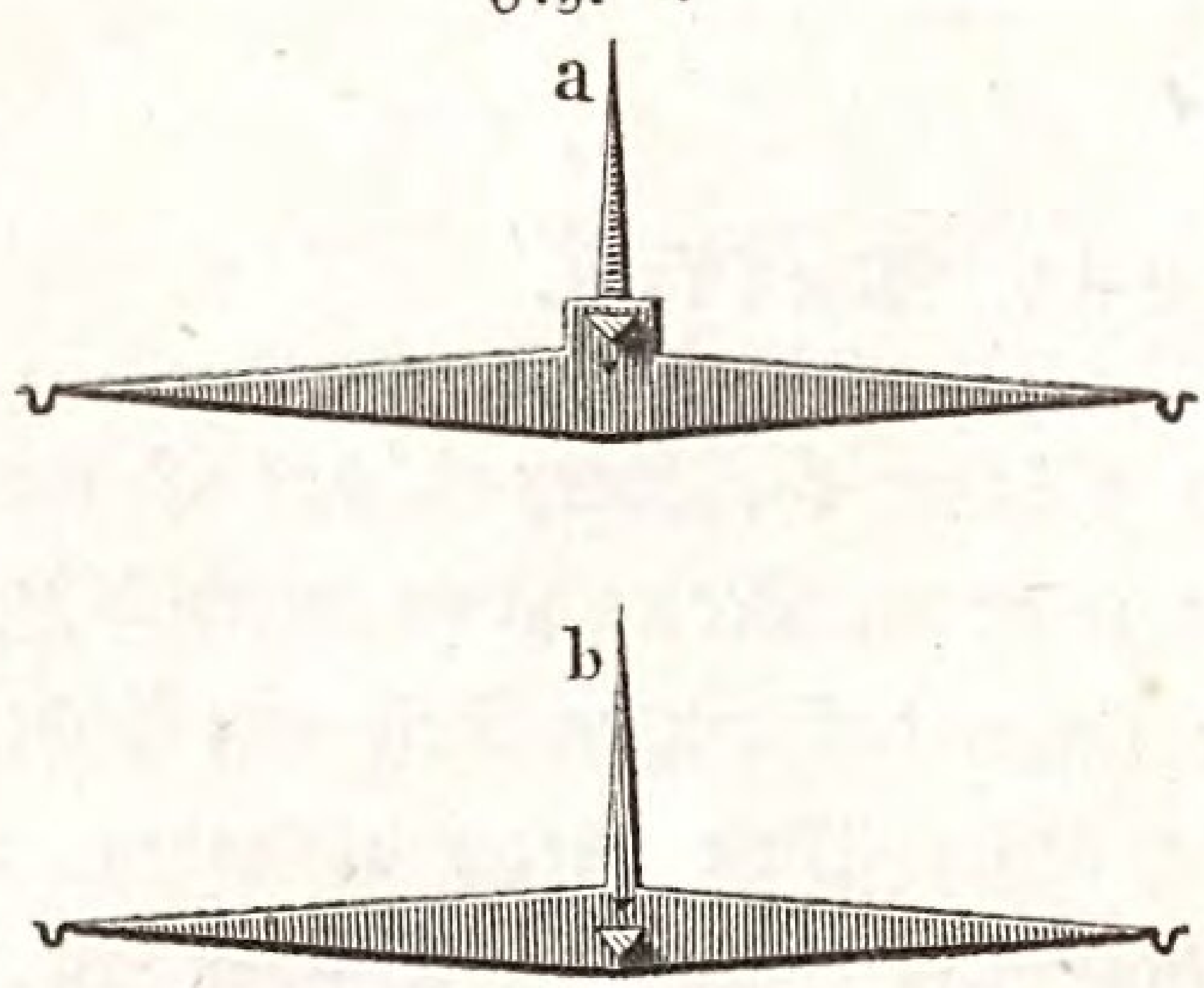
## Wägen und Messen.

8. Wage. Was für den Schiffer der Compaß, das ist für den Chemiker die Wage. Man hat zwar die Meere schon durchschifft, ehe man den Compaß kannte, aber einem bestimmten Ziele mit Sicherheit zusteuern und die Richtung nach diesem Ziele wieder auffinden, wenn sie auch noch so oft verloren ging, das konnte der Schiffer erst, seitdem ihm die Magnetnadel in die Hand gegeben wurde. So ist auch in der Chemie erst ein sicheres Vorausbestimmen, ein planmäßiges Handeln möglich geworden, seitdem man wägt. Die Wage ist ebenso die Richtschnur, als der Prüfstein bei chemischen Versuchen; sie lehrt uns die wahre Zusammensetzung der Körper kennen, und zeigt uns, ob die Fragen, die wir stellen, die Antworten, die wir erhalten, oder die Schlüsse, die wir aus den letzteren ziehen, richtig sind oder falsch; es kann daher dem Anfänger nicht genug angerathen werden, selbst bei einfachen Gelegenheiten die Wage zu Hülfe zu nehmen. Für die Wage.

Wage. in diesem Werke angegebenen Versuche reicht eine einfache Wage (Tarirwage) aus, wie man sie in jeder Apotheke antrifft.

Eine solche Wage besteht aus einem gleicharmigen Hebel (Balken) von Messing, durch dessen Mitte eine stählerne, unten zugeschärfte Axe geht, die auf jeder Seite auf einer gehärteten Pfanne ruht, so daß der Balken, an dessen Endpunkten die Schalen angehängt werden, leicht auf und nieder schwingen kann. Wichtig ist es, daß die Axe sich an der richtigen Stelle des Wagebalkens befinde, nämlich ein wenig **über** dem Schwerpunkte des letzteren, wie es Fig. 1. a. angiebt. Der Schwerpunkt läßt sich finden, wenn man den Balken mit der daran befestigten Zunge auf seiner breiten Seite auf einer Stricknadel zu balanciren versucht: er ist an der Stelle, wo sich die Spitze der Nadel befindet, wenn der Balken auf letzterer zum Stillstande gebracht ist. Ist die Axe zu tief angebracht, also **unter** dem Schwerpunkte, wie in Fig. 1. b., so muß der Balken umschlagen, wenn eine Schale stärker belastet ist, als die andere. Befindet sie sich gerade im Schwerpunkte, so kommt die Wage selbst bei einer schiefen Stellung des Balkens zur Ruhe. Ist endlich die Axe zu hoch über dem Schwerpunkte, so verliert die Wage viel von ihrer Empfindlichkeit. Den letztgedachten Fehler trifft man am häufigsten an; er kann dadurch leicht verbessert werden, daß man die Axe etwas tiefer herabsetzen läßt.

Fig. 1.




Medicinal-Gewicht. 9. Als **Gewicht** benutzt man entweder das in den Apotheken übliche Medicinalgewicht oder das französische Decimalgewicht. Die Eintheilung des medicinischen Gewichtes ist aus folgendem Schema zu ersehen:

| Medicin. Pfund. | Unzen. | Drachmen oder Quentchen. | Grane. |
|---|---|---|---|
| 1 | 12 (od. 24 Lth.) | 96 | 5760 |
| | 1 (od. 2 Lth.) | 8 | 480 |
| | | 1 | 60 |

Medicinal-Gewicht.

Dieses Gewicht gilt zwar auch für die hier aufgeführten Versuche, es sind aber für die Bezeichnungen Unze und Drachme die Worte Loth und Quentchen gewählt worden, weil diese von Jedermann gekannt werden. Unter 1 Loth (halbe Unze) sind daher 4 Quentchen oder 240 Gran zu verstehen, unter 1 Quentchen aber 60 Gran. 1 Medicinalpfund beträgt nach dem Vorstehenden so viel als 3/4 Pfund des gewöhnlichen, im Handel gebräuchlichen, sogenannten bürgerlichen Pfundes (à 32 Loth).

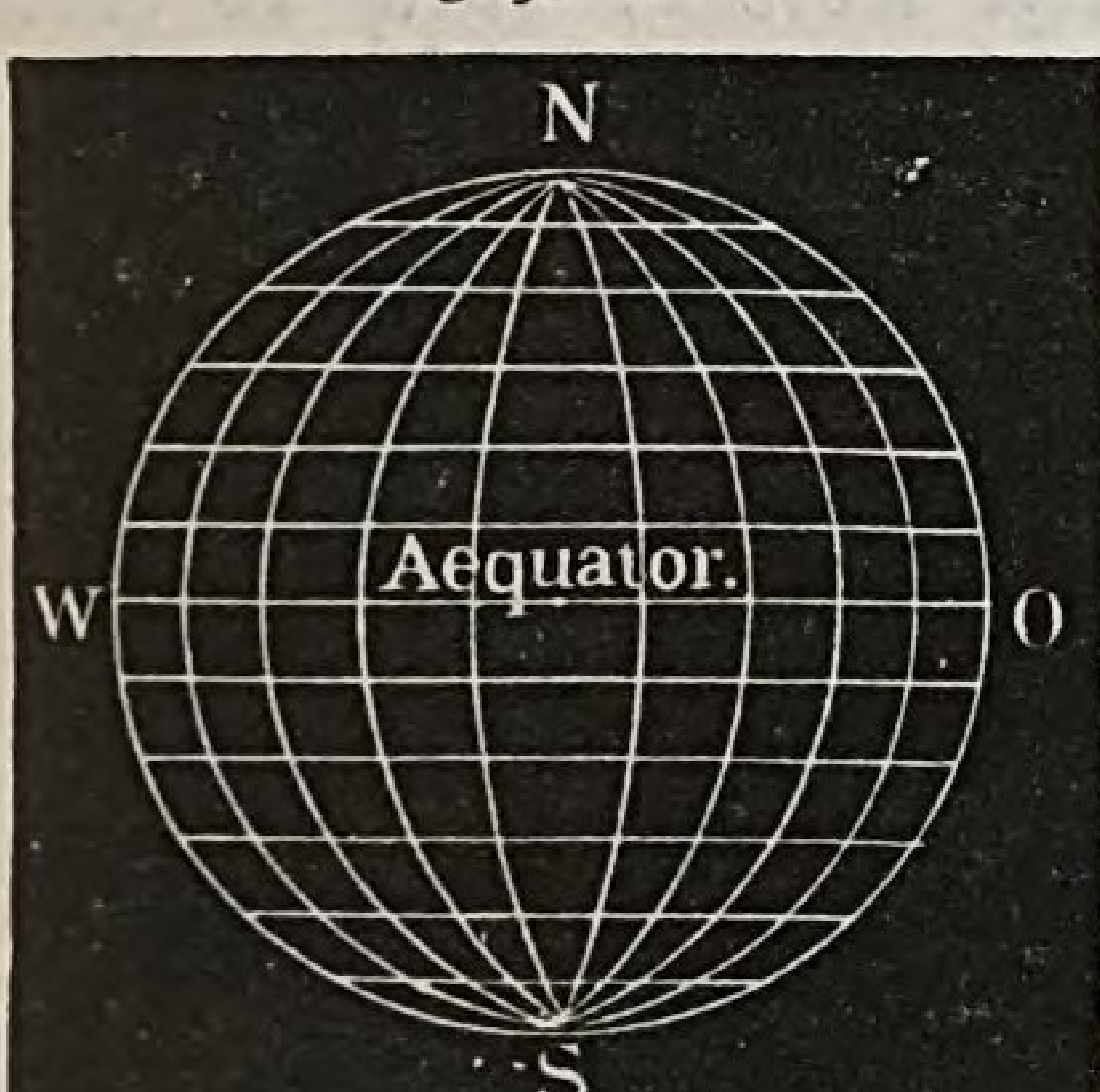
Decimal-system.

10. Das französische neue Gewicht und Maaß, welches für wissenschaftliche Untersuchungen auch bei uns schon allgemein angewendet wird, zeichnet sich in seiner Eintheilung durch eine große Einfachheit aus, indem alle Theilungen durch 10 bewirkt werden; daher der Name Decimal-Maaß und -Gewicht. Man hat es von der Größe unseres Erdballs hergeleitet.

Decimal-Maaß; Meter.

Um sich auf unserer großen Erdkugel zurecht zu finden und die Lage jedes beliebigen Ortes auf ihr genau angeben zu können, denkt man sich bekanntlich Kreise um die Erde gezogen. Die von W nach O gehenden Querkreise, von denen der Aequator der mittelste und größte ist, heißen Parallelkreise (Breitegrade); die der Länge nach rings um die Erde herumlaufenden Kreise aber, die jedesmal die Pole durchschneiden, Meridiane (Längegrade). Die Parallelkreise werden nach den Polen zu immer kleiner, die Meridiane dagegen sind alle gleich groß. Der Kreis

Fig. 2.



Decimal-Maaß; Meter

NOSWN stellt einen Längengrad oder Erdmeridian dar. Der vierte Theil dieses Kreises, oder, was dasselbe ist, der vierte Theil des Umfanges unserer Erde, z. B. NO, bildet die Grundlage für das neue Maaß. Man theilte denselben nämlich in 10 Millionen Theile und nahm ein solches Theilchen, unter dem Namen Meter, als Einheit an. Ein Meter ist nach dem gewöhnlichen Maaße reichlich soviel als 3 Fuß oder 1½ Elle. Durch Division mit 10 entstehen daraus die kleineren Maaße, die man mit lateinischen Zahlwörtern bezeichnet hat; durch Multiplication mit 10 aber die größeren, mit griechischen Zahlwörtern bezeichneten.

| Kleinere Maaße: | Größere Maaße: |
|---|---|
| Meter. | Meter. |
| Decimeter = 1/10 Meter. | Dekameter = 10 Meter. |
| Centimeter = 1/100 » | Hektometer = 100 » |
| Millimeter = 1/1000 » | Kilometer = 1000 » |
| | Myriameter = 10000 » |

Decimal-Gewicht; Gramm.

Aus diesem Längenmaaße wurde das Gewicht auf folgende Weise abgeleitet. Man stellte sich ein viereckiges Kästchen dar, welches im Innern genau 1 Centimeter lang, hoch und breit war, und füllte es genau mit reinem Wasser im Zustande seiner größten Dichtigkeit (von + 4° C. Temperatur) an; das Gewicht dieser Wassermenge nannte man Gramm. Es bildet die Einheit für das neue Gewicht und wird, ebenso wie es beim Meter gezeigt worden, durch 10 entweder verkleinert oder vergrößert.

| Kleinere Gewichte: | Größere Gewichte: |
|---|---|
| Gramm. | Gramm. |
| Decigramm = 1/10 Gramm. | Dekagramm (Dekas) = 10 Gramm. |
| Centigramm = 1/100 » | Hektogramm (Hektas) = 100 » |
| Milligramm = 1/1000 » | Kilogramm (Kilo) = 1000 » |
| | Myriagramm = 10000 » |

1 Gramm beträgt nahezu 16⅓ Gran, oder reichlich ¼ Quentchen. 1 Kilogramm ist genau so viel als 2 Pfund Zollgewicht.

Daß man beim Wägen den Körper, dessen Gewicht ermittelt werden soll, auf die eine Wagschale, auf die andere aber so viele einzelne Gewichte bringt, bis der in der Mitte des Wagebalkens angebrachte Zeiger (die Zunge) seine ursprüngliche senkrechte Stellung genau wieder eingenommen hat, ist bekannt genug. Das auf diese Weise gefundene Gewicht eines Körpers wird in der wissenschaftlichen Sprache sein **absolutes Gewicht** genannt. Von einem 4 Loth schweren Stück Zucker können wir demnach auch sagen: es hat ein absolutes Gewicht von 4 Loth; oder von einer Flasche, welche 2 Pfund 2 Loth Wasser fassen kann: das absolute Gewicht der hineingehenden Wassermenge beträgt 2 Pfund 2 Loth. Absolutes Gewicht.

## Specifisches Gewicht.

11. Eis schwimmt auf Wasser, Eisen sinkt darin unter, weil ersteres leichter, letzteres schwerer ist als Wasser. Legen wir aber ein Stück Eis in Spiritus, so sinkt es darin unter, oder ein Stück Eisen auf Quecksilber, so schwimmt es auf letzterem; Eis ist also schwerer als Spiritus, Eisen leichter als Quecksilber. Man sagt auch wohl, Spiritus ist leichter als Wasser, er kann daher weniger tragen, Quecksilber ist schwerer als Wasser, es trägt mehr. Was man nach dem gewöhnlichen Sprachgebrauche in diesem Sinne schwerer oder leichter nennt, heißt in der wissenschaftlichen Sprache: **specifisch schwerer** und **specifisch leichter**, wodurch angedeutet werden soll, daß man sich bei dieser Vergleichung der Schwere, oder richtiger, des Gewichtes der Körper immer **gleich große Stücke oder Raumtheile** von denselben zu denken habe. Der Ausdruck: Eis ist leichter als Eisen, bedeutet also so viel, als: von zwei gleich großen Stücken Eis und Eisen wiegt das erstere weniger als das letztere; und der Satz: Quecksilber ist schwerer als Wasser, ist so zu verstehen: ein Quart Quecksilber hat ein größeres Gewicht als ein Quart Wasser. Bei der Ermittlung des absoluten Gewichts der Körper nimmt man auf ihr Volumen keine Rücksicht. Specifisches Gewicht.

Um zu erfahren, **wie vielmal** das Quecksilber schwerer sei als

Specifisches Gewicht. das Wasser, oder das Eisen schwerer als das Eis, braucht man nur gleiche Volume oder Raumtheile von denselben zu wägen und die Gewichte mit einander zu vergleichen. Hätte man z. B. fünf ganz gleiche Kästchen von solcher Größe, daß sie genau 100 Gran Wasser faßten, und füllte in das eine Spiritus, in die anderen Eis, Wasser, Eisen und Quecksilber, so würde man folgende Gewichtsverschiedenheiten finden:

| das Kästchen mit | Spiritus, | Eis, | Wasser, | Eisen, | Quecksilber |
|---|---|---|---|---|---|
| würde wiegen | 80 Gran | 90 Gran | 100 Gran | 750 Gran | 1350 Gran |

Zur leichteren Vergleichung der Zahlen, welche angeben, wie vielmal ein Körper specifisch schwerer oder leichter ist, als ein anderer, ist man übereingekommen, das Gewicht des Wassers, als des verbreitetsten Körpers, als Grundgewicht oder als Einheit anzunehmen. Man würde also in dem vorliegenden Falle zu fragen haben: wie vielmal sind Spiritus und Eis leichter und Eisen und Quecksilber schwerer als Wasser, oder was auf eins herauskommt: wie vielmal ist 100 in 80, in 90, in 750 und 1350 enthalten? Man dividirt daher mit dem Gewichte des Wassers, mit 100, in die übrigen Zahlen und erhält für

Spiritus $\frac{80}{100}$ oder in Decimalen 0,80, also um $\frac{1}{5}$ leichter als Wasser;

Eis $\frac{90}{100}$ » » » 0,90, » » $\frac{1}{10}$ » » »

Eisen $\frac{750}{100}$ od. in Decimalen 7,50, also um $7\frac{1}{2}$ mal schwerer als Wass.

Quecksilber $\frac{1350}{100}$ » » » 13,50, » » $13\frac{1}{2}$ mal » » »

Diese Zahlen heißen **specifische Gewichtszahlen** (specif. Gew.). Findet man also angegeben: Weingeist hat ein specifisches Gewicht von 0,80, so heißt dieses so viel, als: 80 Gewichtstheile (Gran, Loth ꝛc.) da-

von nehmen denselben Raum ein als 100 Gewichtstheile Wasser, er ist also nur $\frac{4}{5}$ so schwer, oder, was dasselbe ist, um $\frac{1}{5}$ leichter als Wasser. Das specifische Gewicht des Quecksilbers ist 13,5, bedeutet also: $13\frac{1}{2}$ Gewichtstheile von Quecksilber nehmen nicht mehr Raum ein als 1 Gewichtstheil Wasser, es ist $13\frac{1}{2}$ mal schwerer als Wasser.

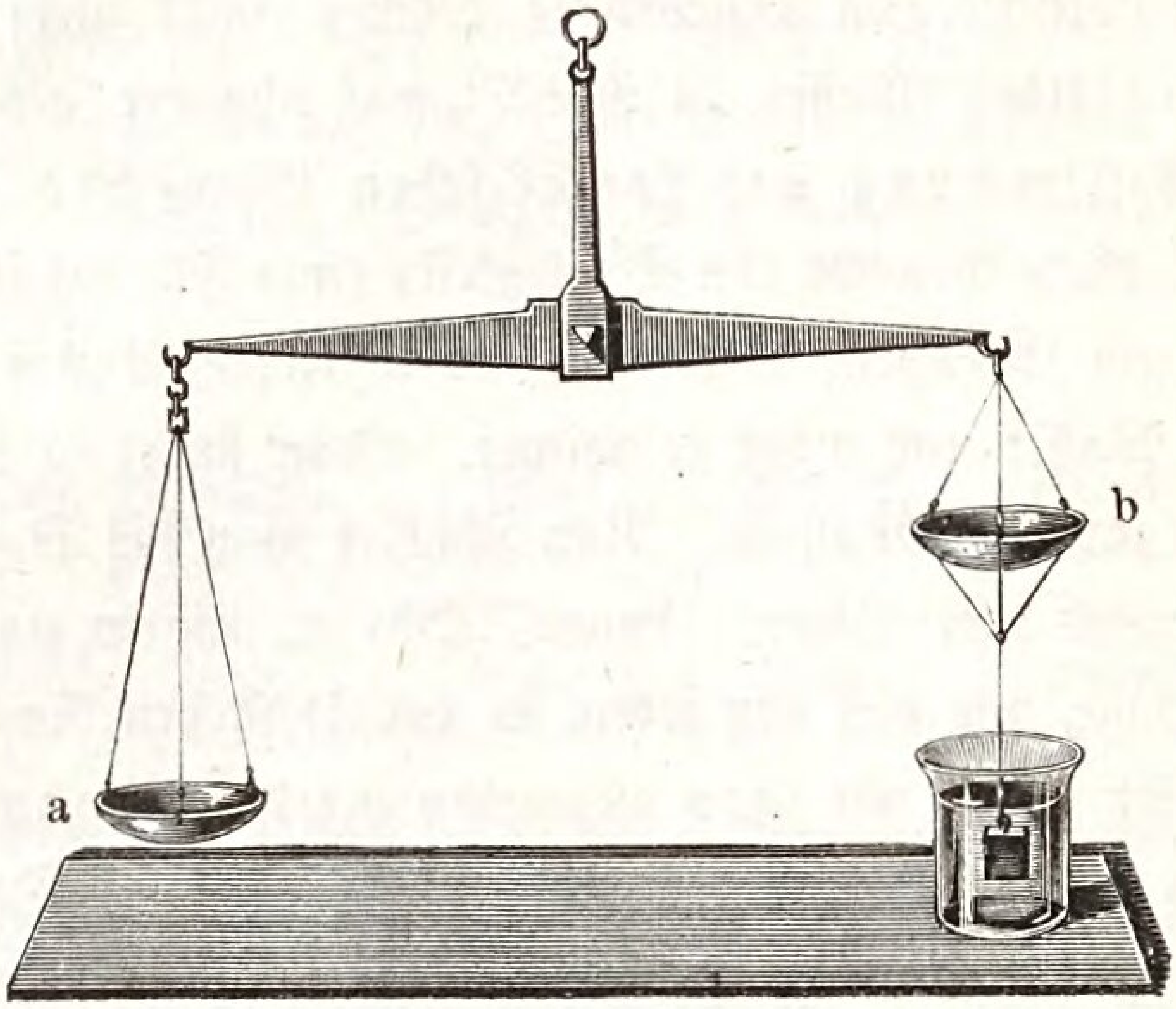
12. Bestimmung des specifischen Gewichts. Versuch. Um das specifische Gewicht (die Dichtigkeit) einer Flüssigkeit zu finden, tarirt man ein Gläschen, d. h. wägt es in leerem Zustande, füllt es genau voll Wasser und wägt es wieder. Man findet so das Gewicht des hineingegangenen Wassers. Nun schüttet man das Wasser heraus, gießt Weingeist oder Syrup, Lauge, Bier rc. hinein und ermittelt durch die Wage, wie viel von jedem in das Fläschchen hineingegangen. Dann dividirt man, wie schon angegeben wurde, mit dem Gewichte des Wassers in die Gewichte der anderen Flüssigkeiten. Der Quotient zeigt das specifische Gewicht an. Sehr bequem ist es, ein Fläschchen anzuwenden, in welches gerade 1000 Gran Wasser hineingehen, da man in diesem Falle das Rechnen ganz erspart, weil die Anzahl von Granen, die das Fläschchen von irgend einer Flüssigkeit faßt, zugleich als die Zahl für das specifische Gewicht derselben anzusehen ist. Specif. Gew. von Flüssigkeiten.

13. Versuch. Auf einer Wage tarire man ein mit Wasser gefülltes Gläschen, dann lege man auf die Gewichtsschale 1 Loth, neben das Gläschen aber so viele kleine, eiserne Nägel, bis die Wage wieder in's Gleichgewicht gekommen ist. Man nimmt nun Beides von der Wage und schüttet die Nägel in's Glas, aus dem natürlich genau so viel Wasser herausgedrängt werden muß, als die Nägel Raum einnehmen. Wie viel dies beträgt, erfährt man, wenn man das gut abgetrocknete Gläschen wieder auf die Wagschale stellt und von der anderen so viele Gewichte wegnimmt, bis die Zunge wieder genau einsteht. Die weggenommenen Gewichte (ungefähr 32 Gran) bilden nun den Divisor, und 1 Loth, oder 240 Gran, den Dividend; man erhält $\frac{240}{32} = 7{,}5$ als das specifische Gewicht des Eisens, aus dem die Nägel bestehen. Specif. Gew. fester Körper.

Specif. Gew. fester Körper.

14. Versuch. Will man das specifische Gewicht eines **ganzen** Stückes Eisen, oder irgend eines anderen Körpers bestimmen, **der**

Fig. 3.

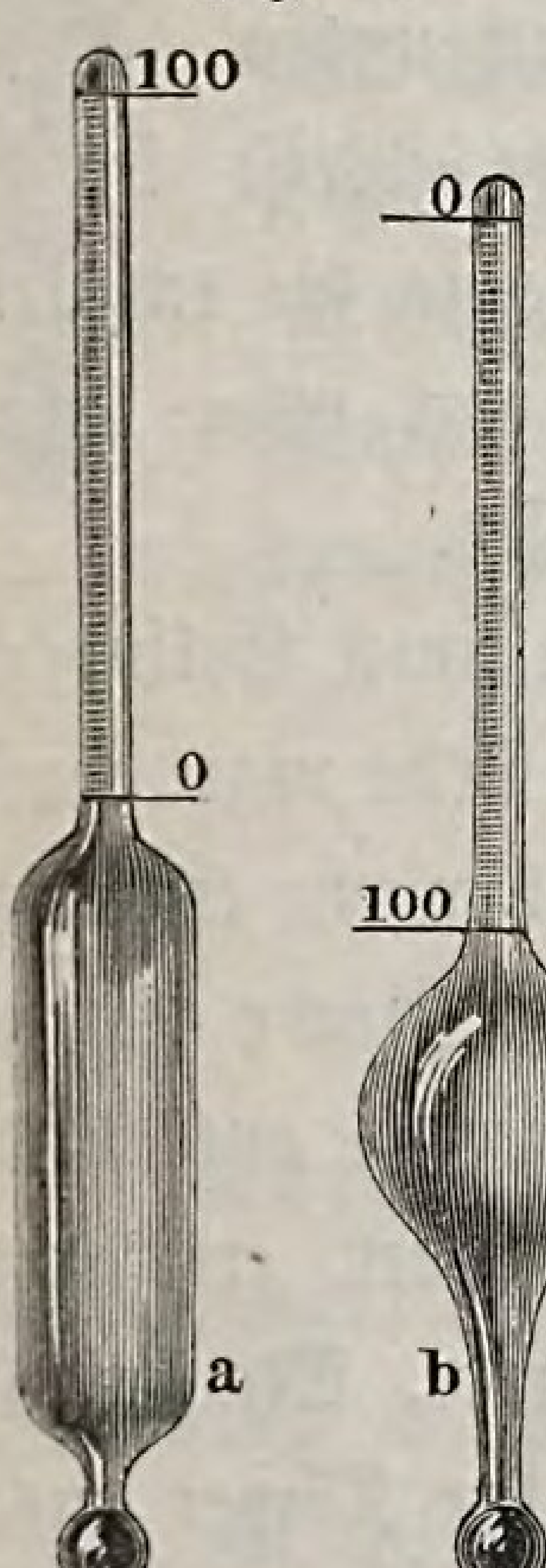



sich nicht in ein Gläschen bringen läßt, so bindet man ihn an einen feinen Faden, schlingt diesen um die Schale *b* einer gewöhnlichen Handwage, die man durch Einbinden der Schnuren kürzer gemacht hat, und wägt den Körper erst in der Luft, sodann im Wasser, indem man ein Gefäß mit Wasser so unterstellt, daß das Stück Eisen einen Zoll tief in's Wasser eintaucht. Mit dem Eintauchen desselben wird die Gewichtsschale sinken, das Eisen muß also unter Wasser leichter werden. Wog das Eisen in der Luft ein Loth, so wird man, gerade wie bei dem vorigen Versuche, ebenfalls 32 Gran von der Schale *a* wegnehmen müssen, um die Schale wieder in's Gleichgewicht zu bringen, also genau so viel, als eine Quantität Wasser wiegt, die so viel Raum einnimmt, als das Stück Eisen. Es tritt demnach derselbe Gewichtsverlust ein, mag man das Wasser aus dem Gläschen heraus, oder nur zur Seite drängen. Dieser bildet wieder den Divisor, mit dem man in 240, das Gewicht des Eisens in der Luft, zu dividiren hat, um das specifische Gewicht wie oben zu $\frac{240}{32} = 7{,}5$ zu finden.

15. Jeder Körper wird im Wasser um so viel leichter, als die Wassermenge wiegt, die er verdrängt; dies ist ein Naturgesetz. Verdrängt ein Körper weniger Wasser als er an der Luft wiegt, so muß er im Wasser untersinken; verdrängt er mehr Wasser als er wiegt, so muß er schwimmen. Selbst sehr schwere Körper können durch Vergrößerung ihres Volumens zum Schwimmen gebracht werden; aus Eisen baut man Schiffe, obgleich es fast 8mal schwerer ist als Wasser; ein Trinkglas schwimmt auf Wasser, und doch ist das specifische Gewicht des Glases 3- bis 4mal größer als das des Wassers. Ein dichtes Stück Eisen, das 1 Loth wiegt, verliert im Wasser ziemlich 1/8 Loth von seinem Gewichte; hämmert man dasselbe zu einem Schälchen oder Kästchen von solcher Größe aus, daß es einen 8mal größeren Raum einnimmt als vorher, so verliert es im Wasser sein ganzes Gewicht (1 Loth) und wird darin eben schwimmen, aber bis an den Rand eintauchen. Wird das Schälchen noch einmal so groß gemacht, so daß es 2 Loth Wasser verdrängt, also das Doppelte seines eigenen Gewichts, so taucht es nur bis zur Hälfte ein, und man kann es noch mit einem Lothgewichte belasten, ehe es untersinkt.

Schwimmen der Körper.

Fig. 4.




16. Aräometer oder Senkwagen. Ein und derselbe Körper wird aber in verschiedenen Flüssigkeiten mehr oder weniger tief einsinken, in leichteren nämlich, die weniger tragen können, tiefer als in schwereren oder dichteren, die eine größere Tragkraft haben, wie dies schon oben angegeben wurde. Dies hat zu einer recht bequemen Methode geführt, das specifische Gewicht einer Flüssigkeit durch das mehr oder minder tiefe Einsinken eines darin schwimmenden Körpers zu ermitteln. Als schwimmenden Körper wendet man gewöhnlich eine Glasspindel von beistehender Form an, der man den Namen

Aräometer oder Senkwagen.

Aräometer oder Senkwagen. Senkwage oder Aräometer (Dichtigkeitsmesser) gegeben hat. Der mittlere Theil einer solchen Senkwage macht, daß dieselbe schwimmt, er ist daher hohl und aufgeblasen; der untere Theil macht, daß sie gerade oder senkrecht schwimmt, er ist deshalb mit Quecksilber oder Bleischrot gefüllt, wodurch der Schwerpunkt nach unten gezogen wird. Die obere dünne Röhre dient zum Messen der Tiefe, bis zu welcher das Instrument in einer Flüssigkeit einsinkt; sie enthält zu diesem Zwecke einen zusammengerollten Papierstreifen mit aufgeschriebener Scala, von welcher man die Grade nur abzulesen braucht. Zu Wagen dieser Art gehören die bekannten Spiritus- oder Branntweinwagen, die Oel-, Laugen-, Zuckerwagen ꝛc. Taucht man eine Spirituswage (Fig. a.) in Wasser, so sinkt sie bis zur tiefsten Stelle der Röhre, bis zu 0° ein, in dem stärksten Weingeiste dagegen, der viel dünner ist als Wasser, bis zur obersten Stelle, die mit 100 bezeichnet ist. Eine Laugenwage (Fig. b.) dagegen muß den 0°punkt, bis zu dem sie in reinem Wasser einsinkt, oben haben, weil die Laugen schwerer sind als Wasser, und in Folge ihrer größeren Tragkraft die Senkwage in die Höhe heben, und zwar um so mehr, je stärker sie sind. Bei den Aräometern für leichtere Flüssigkeiten zählt man von unten nach oben, bei den für schwerere Flüssigkeiten von oben nach unten. Die meisten Scalen derselben sind auf eine willkürliche Weise in Grade eingetheilt worden (empirische Scalen); um diese in die entsprechenden specifischen Gewichtszahlen zu verwandeln, hat man besondere Tabellen angefertigt, die nachgesehen werden müssen.

Einfluß der Wärme auf das specif. Gew. 17. **Versuch.** Man gieße Branntwein in einen Cylinder und merke sich die Grade an, welche er zeigt, dann stelle man denselben an einen warmen Ort und wäge ihn noch einmal, wenn er lauwarm geworden ist: der warme Branntwein wird mehr Grade zeigen und stärker scheinen als er wirklich ist, weil die Wärme ihn ausdehnt und leichter macht (vergl. Nro. 22). Alle Körper haben erwärmt ein geringeres specifisches Gewicht als im kalten Zustande. Man muß aus diesem Grunde bei Bestimmung der Dichtigkeit der Körper auch auf die Temperatur Rücksicht nehmen, die sie besitzen, und ist übereinge-

kommen, eine Wärme von 15° C. (vergl. Nro. 24) als Mitteltemperatur anzusehen.

Einfluß der Wärme auf das specif. Gew.

Bei genaueren Senkwagen hat man auf eine sinnreiche Weise dem in der Kugel befindlichen Quecksilber zugleich die Bestimmung gegeben, die Wärme anzuzeigen, indem man es in eine kurze Kugelröhre füllt und auf deren Kugel den hohlen Glaskörper aufschmilzt. Die kleine Scala *a* (Fig. 5) dieses Instrumentes zeigt die Temperatur der Flüssigkeit an, die lange Scala *b* aber die Dichtigkeit derselben. Zu größerer Bequemlichkeit ist die kleine Scala gewöhnlich so eingerichtet, daß jeder Grad derselben einem Grade der längeren Scala entspricht, und man hat dann nur nöthig, die Theilstreiche **unter** der Mitteltemperatur den Dichtigkeitsgraden hinzuzuaddiren, die **über** der Mitteltemperatur hingegen von letzteren abzuziehen, um sich vor Täuschungen zu schützen.

Fig. 5.




Gold ist 19mal, Silber 10mal schwerer als Wasser, mit Silber versetztes Gold muß daher specifisch leichter sein als reines Gold; Messing hat nur ein specifisches Gewicht = 8. Weingeist und Aether werden um so leichter, je reiner und stärker sie sind; Laugen, Syrupe, Säuren 2c. werden umgekehrt schwerer bei zunehmender Güte und Stärke. Es ist hieraus abzunehmen, wie wichtig in vielen Fällen die Kenntniß des specifischen Gewichtes werden kann, um danach die Güte und Reinheit der Körper zu beurtheilen.

---

## Die alten Elemente.

18. **Körper und Kräfte.** Wie wir an uns selbst den sichtbaren **Körper**, und als seinen Beherrscher den unsichtbaren **Geist** unterscheiden, so unterscheiden wir auch außer uns in der Natur **Körper**, die wir festhalten und wägen können, und geistige Gewalten oder **Kräfte**, die über diese Körper herrschen und kein Gewicht besitzen.

Körper und Kräfte.

Aggregatzustände der Körper.

19. Aggregatzustände. Die zahllosen Naturkörper, die wir auf unserer Erde antreffen, lassen sich leicht in drei große Klassen vertheilen: sie sind entweder fest, flüssig oder luftförmig. Man nennt diese drei Zustände, in denen die Körper vorkommen, Aggregatzustände.

Cohäsion.

Cohäsion. Um ein Stück Eis zu zerschneiden oder zu zerstoßen, müssen wir eine größere Kraft anwenden, als um Wasser in kleinere Theilchen, in Tropfen zu verwandeln; wir schließen daraus, daß die einzelnen Theilchen des festen Eises stärker unter einander zusammenhängen als die des flüssigen Wassers. Als den Grund dieses verschiedenen Zusammenhanges sieht man eine eigenthümliche anziehende Kraft an, die zwischen den kleinsten Theilchen der Körper thätig ist, und der man den Namen Zusammenhangskraft oder Cohäsion gegeben hat. Bei den festen Körpern ist diese Cohäsion größer als bei den flüssigen; bei den luftförmigen Körpern ist von derselben gar nichts mehr zu bemerken.

Die alten Elemente.

Sogenannte alte Elemente. Unter den festen Naturkörpern ist der bekannteste und verbreitetste der Erdboden, unter den flüssigen das Wasser, unter den luftförmigen die gewöhnliche atmosphärische Luft; dies brachte die Gelehrten schon in frühen Zeiten auf die Vermuthung, daß alle festen Körper aus Erde, alle flüssigen aus Wasser, alle luftförmigen aus Luft entstanden seien, und man nannte diese drei Körper aus diesem Grunde Elemente oder Urstoffe. Als solche können sie zwar im chemischen Sinne jetzt nicht mehr gelten, da es der Chemie gelungen ist, sie alle drei in noch einfachere Körper zu zerlegen; wohl aber können wir sie immer noch als physikalische Grundstoffe ansehen, d. h. als Sinnbilder für die drei Aggregatzustände der Körper.

Kräfte.

20. Die Naturkräfte an und für sich kennen wir nicht, denn sie sind innerlicher, gleichsam geistiger Art, demungeachtet sind wir von dem Dasein derselben eben so fest überzeugt, wie von dem eines Geistes in uns selbst, weil wir die Wirkungen und Erscheinungen kennen, welche durch sie hervorgebracht werden. Ein Stück Eisen, in die

Höhe geworfen, fällt wieder zur Erde herab: wir schreiben diese Erscheinung der **Anziehungskraft** der Erde zu; an feuchter Luft rostet dasselbe, d. h. es verbindet sich mit dem Sauerstoff der Luft: dies ist eine Wirkung der **chemischen Kraft**; die Kraft der **Elektricität** vermag das Eisen aus dieser Verbindung wieder frei zu machen. Durch die Kraft des **Magnetismus** erhält das Eisen, wenn es sich frei drehen kann, eine bestimmte Richtung von Norden nach Süden; durch die Kraft der **Wärme** kann es geschmolzen werden 2c. Man nimmt zwar, wie sich hieraus ergiebt, gar verschiedenartige Kräfte an, es ist aber sehr wahrscheinlich, daß sie alle von einer gemeinschaftlichen Mutter stammen, wie wir ja auch die verschiedenen Aeußerungen der geistigen Kraft des Menschen, z. B. die Willenskraft, Urtheilskraft, Einbildungskraft 2c., nur von einem einzigen Geiste herleiten. Kräfte.

Als ein Symbol für diese **Kräfte** oder geistigen Gewalten kann das vierte Element der Alten, das **Feuer**, angesehen werden. Als chemisches Element hat es gleichfalls seine Bedeutung verloren, da es nur eine, meistens durch chemische Processe hervorgerufene Erscheinung ist, bei der wir Licht sehen und Wärme fühlen.

Bei den meisten chemischen Vorgängen spielen von diesen alten Elementen das Feuer (Wärme), das Wasser und die Luft eine wichtige Rolle; denn die Wärme ist ein wichtiges Beförderungsmittel der chemischen Veränderungen und das Wasser das wichtige Auflösungsmittel für feste und luftförmige Körper. Die Luft aber verdient insofern allgemeine Berücksichtigung, als wir fast alle chemischen Versuche in ihr anstellen müssen, wobei sie nicht selten helfend oder hemmend mit einwirkt. Es mögen daher diese drei sogenannten physikalischen Elemente zuerst in nähere Betrachtung gezogen werden. Feuer, Wasser, Luft und chem. Processe.

---

## Wasser und Wärme.

Wasser in der Natur.

21. Das Wasser bedeckt als Meer, theils im festen Zustande, wie im hohen Norden, theils flüssig, wie in den wärmeren Gegenden, beinahe drei Viertheile der Erdoberfläche; in Flüssen durchströmt es das Land in allen Richtungen; es steigt als Dampf in die Luft, bildet daselbst Wolken, und fällt als Regen wieder auf die Erde zurück. Wir finden es also in allen drei Aggregatformen in der Natur und gewahren leicht, daß die Wärme es ist, durch welche diese äußerliche Verschiedenheit bewirkt wird. Das Wasser eignet sich aus diesem Grunde sehr gut dazu, um an ihm die wichtigsten Wirkungen der Wärme zu studiren.

### Ausdehnung durch Wärme. Thermometer.

Ausdehnung des Wassers durch Wärme.

22. Ausdehnung flüssiger Körper. Versuch. Man tarire ein kleines Kochfläschchen, d. h. man stelle es auf die eine Schale einer Wage und lege auf die andere so viele Gewichte oder Schrotkörner 2c., bis die Zunge genau einsteht, fülle es dann voll Wasser und merke sich das Gewicht des letzteren an. Hierauf erwärme man das Fläschchen auf einem Dreifuße durch eine einfache Spirituslampe, die man anfangs einige Minuten hin und her bewegt, damit die Erwärmung des Glases nur allmälig erfolge. Das Wasser wird bald höher steigen und ein Theil desselben herausfließen. Sowie es zu kochen beginnt, entfernt man die Lampe und läßt das Gefäß erkalten; dabei sinkt das Wasser natürlich tiefer, als es vorher stand. Wie viel davon herausgetrieben

Fig. 6.



wurde, erfährt man durch den Gewichtsverlust bei abermaligem Wägen; es wird ungefähr 1/22 an dem ersten Gewichte fehlen. Ausdehnung des Wassers durch Wärme.

Durch den brennenden Spiritus oder Weingeist wird zuerst die Bodenfläche des Glasgefäßes, durch diese sodann das Wasser erwärmt. Die Wärme dehnt das Wasser aus, das warme Wasser nimmt folglich einen größeren Raum ein als das kalte, und ein Theil davon muß herausfließen. Es folgt hieraus auch, daß warmes Wasser leichter sein muß als kaltes; eine Kanne eiskaltes Wasser wiegt 2 Pfund, eine Kanne kochendheißes aber ungefähr 3 Loth weniger. Bei dem Erkalten oder dem Entweichen der Wärme zieht es sich wieder zusammen und wird dadurch wieder dichter und schwerer.

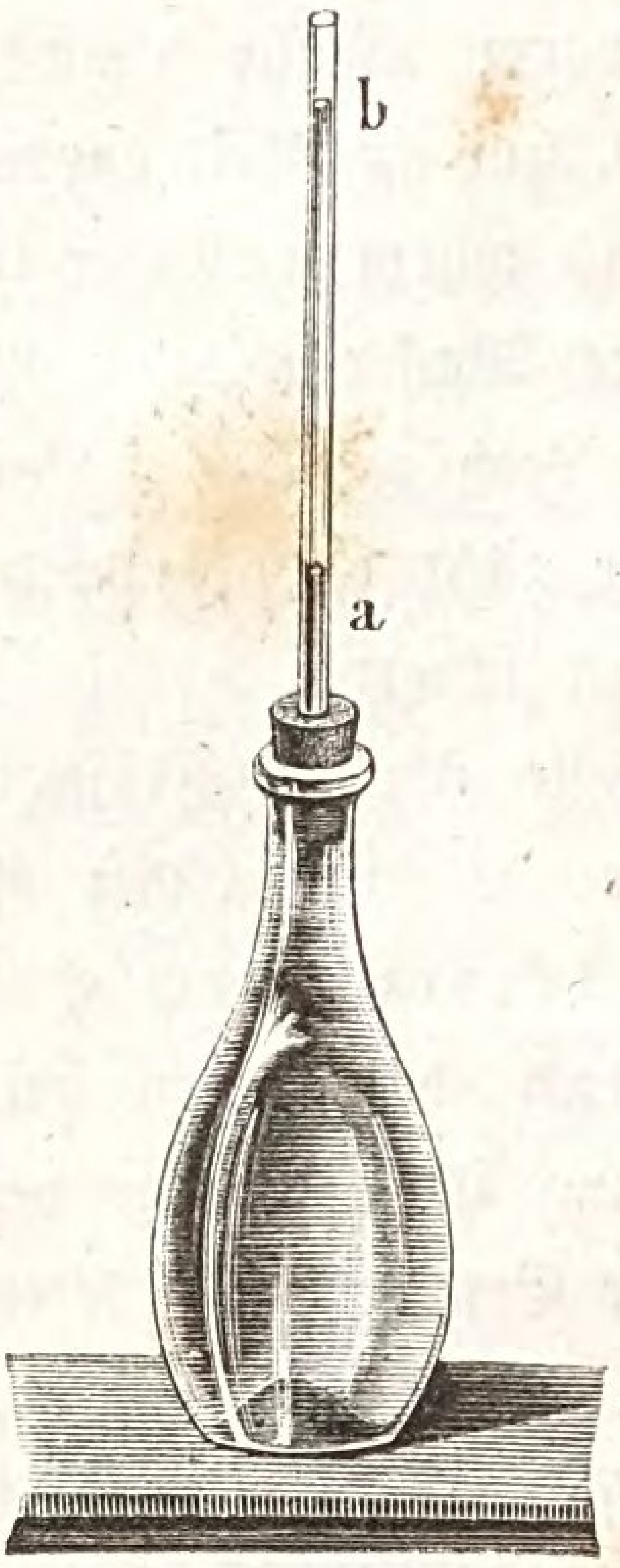
Wie das Wasser, so verhalten sich alle übrigen Flüssigkeiten, ja auch die festen und luftförmigen Körper; es kann daher als ein Naturgesetz angesehen werden: daß die Körper durch Erwärmung ausgedehnt, durch Abkühlung hingegen zusammengezogen werden. Diese Ausdehnung ist aber sehr verschieden; manche Körper dehnen sich bei gleicher Erwärmung stärker aus, andere wieder schwächer, der Weingeist z. B. 2½mal stärker, das Quecksilber 2½mal schwächer als das Wasser. Bei den Flüssigkeiten, welche dem Maaße nach ein- und verkauft werden, kann diese Wirkung der Wärme oft ökonomisch wichtig werden; denn wenn man beispielsweise 100 Maaß Branntwein oder Spiritus bei starker Sommerhitze einkauft, bei starker Winterkälte aber wieder verkauft, so wird man 4—5 Maaß daran verlieren, ebenso viel dagegen gewinnen, wenn der Einkauf im Winter und der Verkauf im Sommer erfolgt.

23. **Versuch.** Um die Ausdehnung des Wassers durch die Wärme deutlicher beobachten zu können, passe man auf ein Kochfläschchen einen Kork, den man zuvor mit einem Stück Holz so lange gelind geklopft hat, bis er so weich geworden ist, daß er schon bei sanftem Eindrehen in die Oeffnung des Gläschens sich überall genau an das Glas anlegt; den Kork durchbohre man in der Mitte mittelst einer runden Feile, bis sich in die entstandene, möglichst cylindrische Oeffnung eine Glasröhre, etwas streng, einschieben läßt. Nun fülle

Ausdehnung des Wassers durch Wärme.

man das Gläschen so weit mit Wasser an, daß dieses, wenn der Kork fest eingedreht wird, in der Röhre ungefähr bis *a* steht, und erwärme es wie bei dem vorigen Versuche.

Fig. 7.



Das Wasser, welches bei dem vorigen Versuche durch die Kraft der Wärme aus dem Gläschen herausgedrängt wurde, wird hier in der Röhre in die Höhe gehoben, und zwar wird es um so höher steigen, je enger die Glasröhre ist. Man kann auf diese Weise selbst sehr kleine Raumveränderungen noch sichtbar für's Auge machen und diese Veränderungen dann dazu benutzen, um aus ihnen einen Schluß auf die Zu- oder Abnahme der Wärme zu ziehen, oder was dasselbe ist, um die Wärme zu messen. Dies geschieht durch besondere Instrumente, die Thermometer oder Wärmemesser heißen.

Thermometer: Wärmemesser.

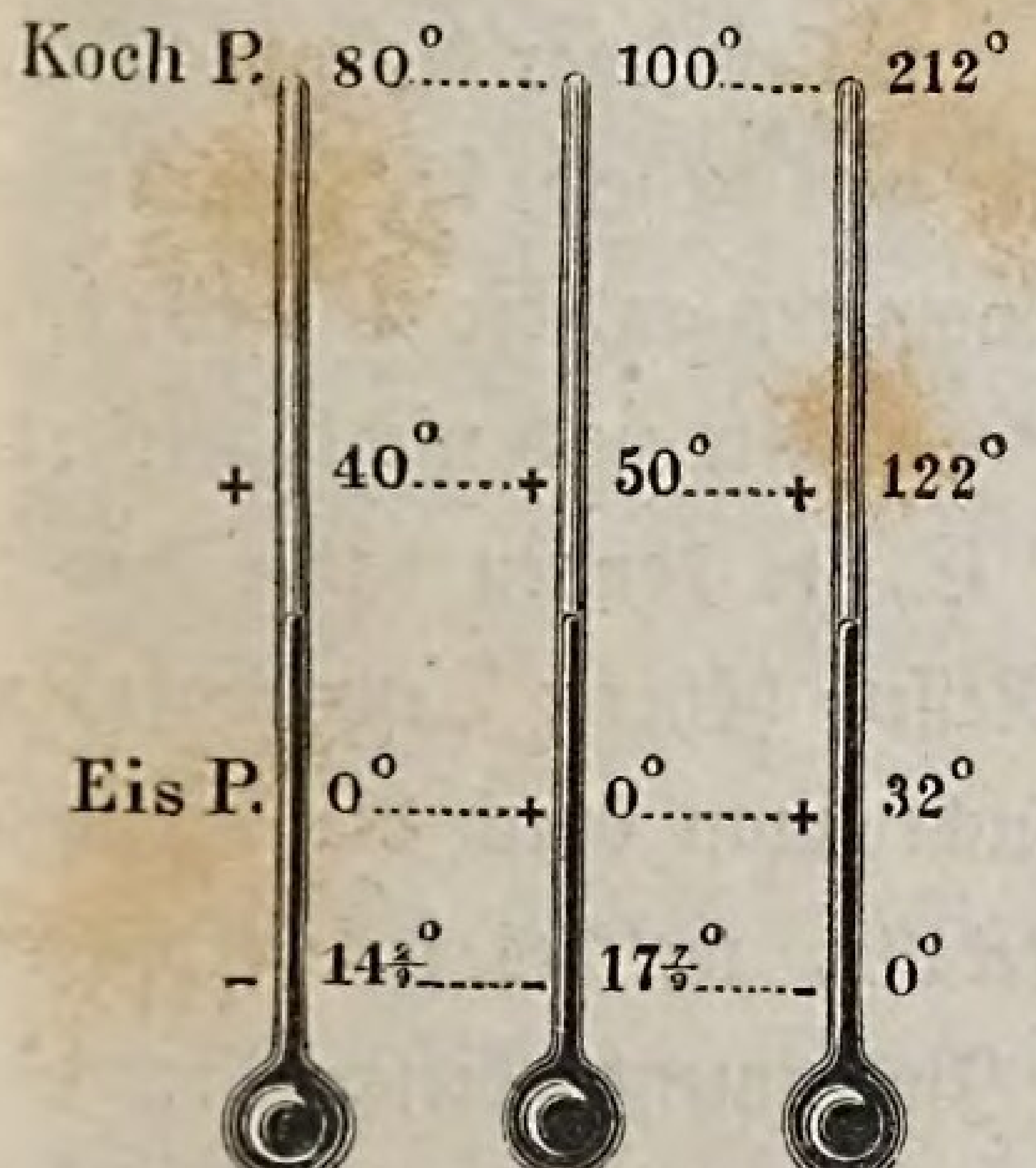
24. Thermometer. Man könnte die Ausdehnung des Wassers in dem eben besprochenen Versuche leicht zum Messen der Wärme anwenden, wenn man die Stelle an der Glasröhre, bis zu welcher das Wasser beim Kochen in die Höhe stieg, sowie gleichfalls diejenige Stelle, bis zu der es beim Erkalten in Schnee fallen würde, anzeichnete und diesen Raum in Grade eintheilte. Viel zweckmäßiger aber benutzt man statt des Wassers Quecksilber, da dieses schwerer kocht und schwerer gefriert, überdies auch schneller warm und wieder kalt wird, also die Wärmeänderungen rascher angiebt.

Das Gefäß, in welches man das Quecksilber bringt, kann gleichfalls als aus einem Fläschchen und einer Glasröhre zusammengesetzt angesehen werden, die aber, statt durch Kork verbunden, mit einander zusammengeschmolzen sind. Nachdem dasselbe mit Quecksilber ziemlich angefüllt und auch oben zugeschmolzen worden, taucht man

es in schmelzenden Schnee und bezeichnet die Stelle, bis zu welcher das Quecksilber sinkt, mit dem Namen Eispunkt; mit Siedepunkt aber diejenige, bis zu welcher das Quecksilber in kochendem Wasser steigt. Der zwischen diesen zwei festen Punkten inneliegende Raum läßt sich nun in beliebig viele Theile oder Grade theilen, welche zusammen die Scala oder Stufenleiter bilden. Die Grade unter dem Eispunkte werden eben so groß aufgetragen, wie die über demselben. Leider sind statt einer einzigen Scala deren mehre in Gebrauch gekommen. Die bekanntesten darunter sind folgende drei: die 80theilige von Réaumur (R.), die 100theilige oder Centesimalscala von Celsius (C.) und die 180theilige von Fahrenheit (F.). Die Verschiedenheiten derselben werden sich aus den beistehenden Figuren leicht ersehen lassen Thermometer; Wärmemesser.

Nach R. gefriert das Wasser bei 0° und kocht bei 80°; nach C. gefriert das Wasser bei 0° und kocht bei 100; nach F. gefriert das Wasser bei + 32° und kocht bei 212°.

Fig. 8.




Fahrenheit, ein Physiker, fing sonderbarer Weise nicht beim Eispunkte zu zählen an, sondern 32° unter demselben. Die Scala desselben ist in England allgemein gebräuchlich, daher die hohen Grade, die man in englischen Schriften findet. Bei uns ist im gewöhnlichen Leben die Réaumur'sche am verbreitetsten, in wissenschaftlichen Werken aber benutzt man allgemein die Centesimalscala, welche auch in Frankreich sonst allgemein angewendet wird. Sie gilt gleichfalls für die in diesem Werkchen angegebenen Wärmegrößen oder Temperaturen. Um diese Scalen mit einander zu vergleichen, braucht man nur im Gedächtniß zu behalten, daß 4° R. so groß sind als 5° C. oder 9° F. Will man Grade von F., die über dem Eispunkte liegen,

in Grade von R. oder C. umwandeln, so muß man natürlich zuvor

Fig. 9.




32° in Abzug bringen, eben so viele aber zum Producte zuaddiren, wenn es sich um die Verwandlung von R. oder C. Graden in Fahrenheit'sche handelt. Den Graden über 0 giebt man das Pluszeichen (+), den Graden unter 0°, die man gewöhnlich Kältegrade nennt, das Minuszeichen (—).

Chemisches Thermometer.

Zu chemischen Versuchen eignet sich am besten ein cylindrisches Thermometer, welches bis zu 300° C. geht, da sich dieses, wie beistehende Abbildung zeigt, leicht durch einen Kork stecken und dann auf Flaschen befestigen läßt, in denen Flüssigkeiten bei bestimmten Temperaturen erhitzt werden sollen. Die bei dieser Art von Thermometern über den Kochpunkt des Wassers hinausragenden Grade werden auf der langen Glasröhre eben so groß aufgetragen, wie die, welche man durch Theilung des Raums zwischen 0° und 100° erhielt.

Weingeist-Thermometer.

25. Das Quecksilber gefriert bei — 40° C.; in den nördlichen Regionen unserer Erde aber hat man eine Kälte von 50° C. beobachtet, und durch künstliche Mittel kann man diese sogar bis zu 100° C. treiben. Um solche hohe Kältegrade, oder was dasselbe ist, so niedrige Wärmegrade zu messen, wendet man Thermometer an, die mit Weingeist gefüllt sind, da dieser selbst bei 100° C. Kälte noch nicht gefriert.

Pyrometer.

26. Das Quecksilber kocht bei 360° C., es können daher damit gefüllte Thermometer auch nicht zum Messen höherer Temperaturen gebraucht werden. Starke Hitzgrade sucht man durch die Ausdehnung von Stäben aus Platin, einem Metalle, welches im heftigsten Ofenfeuer nicht schmilzt, zu bestimmen. Instrumente dieser Art heißen Pyrometer oder Feuermesser. Durch Brennspiegel und auf chemischem Wege ist man im Stande, eine Hitze von mehr als 2000° C. hervorzubringen.

Wärme dehnt feste Körper aus.

27. Ausdehnung fester Körper. Ein Kochtopf, der kalt eben zu einer Ofenthür hineingeht, läßt sich heiß nicht wieder heraus-

nehmen, denn er ist durch die Erhitzung größer geworden; ein eiserner Wagenreif, glühend um ein Rad gelegt, preßt sich beim Erkalten fest in's Holz ein und hält den Radkranz mit großer Kraft zusammen; ein Stahl, der glühend streng in eine Plattglocke paßt, füllt diese nach dem Erkalten nicht mehr aus, sondern läßt sich in ihr hin und her schütteln. Beide, der Wagenreif und der Plattstahl, sind durch das Erkalten kürzer und kleiner geworden. Dieses Größerwerden durch Erwärmung und Kleinerwerden durch Abkühlung zeigt uns klar, daß auch die festen Körper durch Wärme ausgedehnt, durch Entziehung der Wärme aber zusammengezogen werden. Viele Erscheinungen aus dem gewöhnlichen Leben finden dadurch eine einfache Erklärung. Unsere Wanduhren gehen im Winter vor, im Sommer nach, weil die Pendelstange derselben im Sommer länger wird und dann langsamere Schwingungen macht, während sie durch die Winterkälte verkürzt wird und schneller schwingt. Ein Klavier bekommt in einer kalten Stube einen höheren Ton als in einer warmen, weil die Saiten in der Kälte zusammengezogen, also kürzer und sonach stärker gespannt werden; ein in eine Wand eingeschlagener Nagel wird mit der Zeit locker, weil das Eisen sich im Sommer stärker ausdehnt und im Winter stärker zusammenzieht als Stein oder Holz und auf diese Weise die Oeffnung nach und nach erweitert. Aus diesem Grunde dürfen Eisenbahnschienen nicht fest an einander gelegt, Dampfröhren nicht fest eingemauert, Zinkplatten bei Bedachungen nicht zusammengenagelt sondern gefalzt werden, damit sie sich bei eintretendem Temperaturwechsel ohne zu reißen zusammenziehen, und ohne sich zu werfen ausdehnen können.

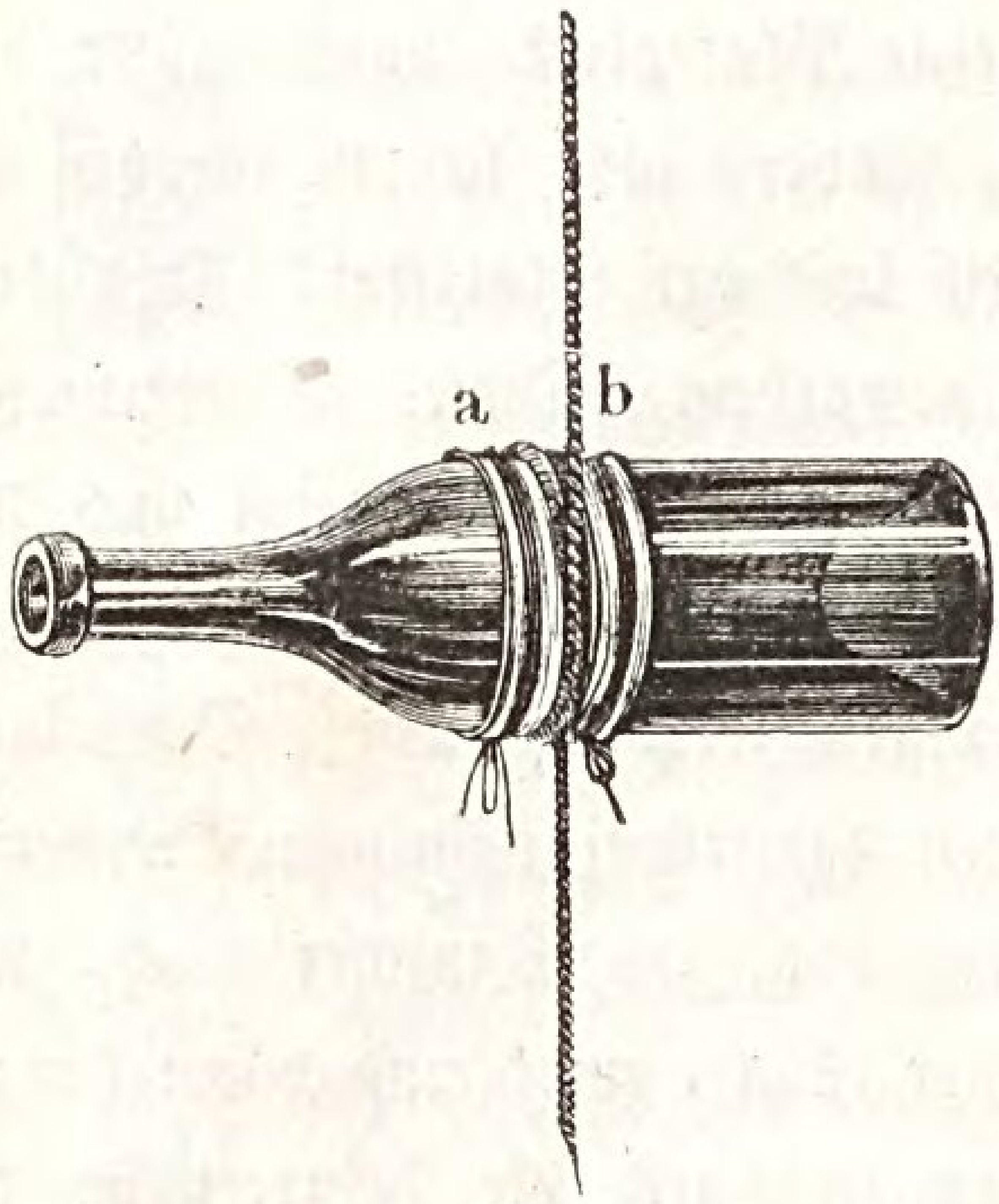
Spröde Körper, z. B. Glas oder Porzellan, können durch eine plötzliche Erhitzung oder Abkühlung leicht so schnell ausgedehnt oder zusammengezogen werden, daß sie zerspringen. Springen von Glas und Porzellan.

**Versuch.** Man umwickle eine Flasche an zwei einander ganz nahe liegenden Stellen so lange mit mehrfach zusammengelegten Papierstreifen, bis zwei kleine Wälle, *a* und *b*, entstanden sind, zwischen

Springen von Glas und Porzellan.

denen sich eine ungefähr federkielbreite Gasse befindet. Diese zwei

Fig. 10.




Papierwülste werden mit Bindfaden fest gebunden, so daß sie sich nicht leicht verschieben lassen. An der vertieften Stelle wird nun ein Bindfaden um das Glas geschlungen und so lange hin und her gezogen, bis er zerreißt. Gießt man jetzt schnell kaltes Wasser in die Gasse, so springt das Glas an dieser Stelle von einander, als ob es durchschnitten worden wäre. Die scharfen Ränder macht man durch gelindes Streichen mit einer Feile stumpf. Man kann sich auf diese Weise aus gewöhnlichen Medicin- oder Eau de Cologne-, ja selbst aus größeren Flaschen leicht Glasglocken machen, welche sich zum Auffangen von Luftarten, zu Auflösungen, Niederschlagungen und anderen chemischen Arbeiten ganz gut anwenden lassen.

Daß ein Paar Körper heiß werden, wenn wir sie schnell an einander reiben, wer wüßte das nicht? Hat doch Jeder wohl an sich die Erfahrung gemacht, daß man die Hände verbrennen kann, wenn man sich schnell an einem Seile oder einer Stange herabläßt, oder es einmal mit angesehen, wie ein Wagenrad durch schnelles Fahren heiß wurde, wenn es nicht gut eingeschmiert war. Das schnelle Hin- und Herziehen des Bindfadens auf dem Glase bringt auch hier eine solche Hitze hervor, daß das Glas an der Stelle, wo die Reibung stattfindet, sehr heiß wird und der Bindfaden endlich brandig riecht und zerreißt. Mit dieser Erhitzung ist natürlich auch eine Ausdehnung des Glases verbunden. Wird diese Stelle nun durch aufgegossenes kaltes Wasser äußerlich schnell abgekühlt, so müssen die ausgedehnten Glastheilchen sich schnell wieder zusammenziehen, und dieses Zusam-

menziehen erfolgt an der äußeren Fläche so rasch, daß die nicht so schnell abgekühlten Theile im Innern der Glasmasse nicht folgen können: das Glas reißt, und zwar um so leichter, je dicker es ist. Bei langsamer Abkühlung findet ein Zerspringen nicht Statt.

Hieraus sind die zwei Lehren zu ziehen: a) daß Glas- und Porzellangeschirre, die zum Kochen gebraucht werden sollen, z. B. Kochfläschchen, Kolben, Retorten, Schalen ꝛc., dünne Wände, namentlich am Boden, haben müssen, und b) daß man dieselben beim Gebrauche immer nur langsam erwärmen und langsam abkühlen darf.

Die Methode, Glas durch Sägen mit Bindfaden zu erwärmen, bietet auch dem Chemiker und Apotheker ein sehr einfaches Mittel dar, um Glasgefäße zu öffnen, wenn, wie es gar häufig vorkommt, die Glasstöpsel so fest in dem Halse stecken, daß sie weder durch Drehen noch Klopfen herausgebracht werden können. Man hat dann nur nöthig, einen dicken Bindfaden um den Hals zu legen und mit demselben so lange zu sägen, bis die Oeffnung sich soweit ausgedehnt hat, daß der Stöpsel locker wird.

Die Ausdehnung der festen Körper ist gleichfalls verschieden, wie bei den Flüssigkeiten, und in allen Fällen weit geringer als bei den letzteren; am beträchtlichsten ist sie bei den metallischen Körpern.

Ueber die Ausdehnung der gasförmigen Körper durch die Wärme wird bei der Luft das Erforderliche mitgetheilt werden (97.).

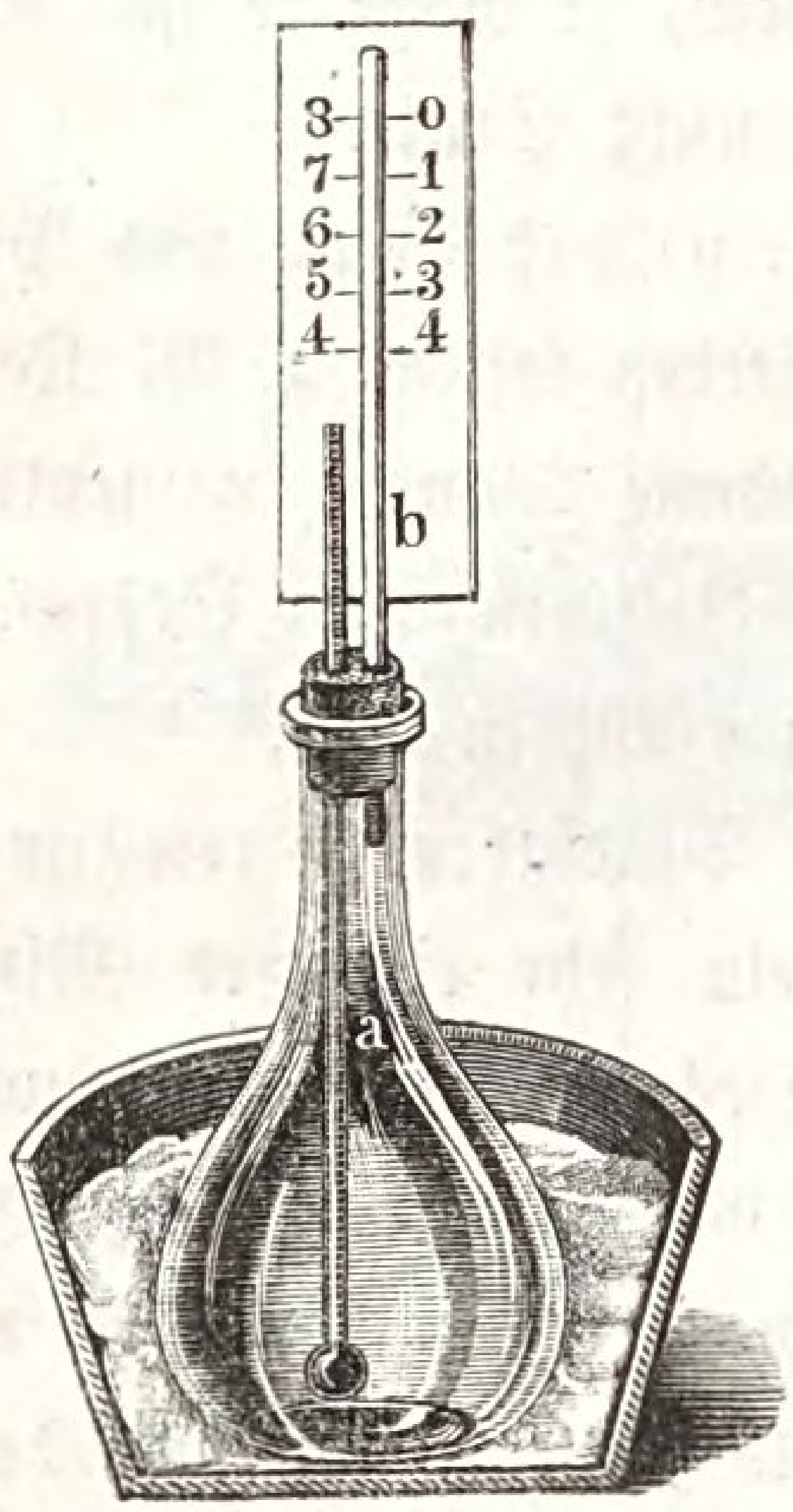
28. Ausdehnung durch Kälte. Eine merkwürdige Ausnahme von dem allgemeinen Gesetze: daß die Wärme die Körper ausdehnt, die Kälte sie aber zusammenzieht, kommt beim Wasser vor.

Wasser wird auch durch Kälte ausgedehnt.

**Versuch.** Ein größeres Kochfläschchen wird genau so vorgerichtet, wie es bei dem Versuche 23. angegeben wurde, nur durchbohrt man den Kork noch ein zweites Mal, um durch diese Oeffnung ein Thermometer (*a*) in die Flüssigkeiten zu tauchen und dadurch deren Temperatur zu bestimmen. Man läßt auch etwas mehr Wasser im Gläschen, so daß es die Röhre *b* bis oben anfüllt. An diese Röhre klebt man mittelst Wachs einen Papierstreifen, auf dem man den Stand des Wassers durch einen Federstrich anzeigen kann, wenn

das Thermometer um einen Grad gefallen ist, und setzt dann das Ganze in ein Gefäß voll Schnee. Während des Abkühlens sinkt das Wasser in der Röhre, und zwar so lange, bis das Thermometer 4° C. zeigt. Bei noch stärker Abkühlung dagegen fällt es nicht weiter, wie man vermuthen sollte, sondern es fängt im Gegentheil wieder zu **steigen** an und dehnt sich so lange aus, bis es zum Gefrieren kommt. Bei 0° hat es gerade die Höhe wieder, auf der es bei 8° stand. Das Wasser ist demnach bei + 4° am schwersten oder dichtesten; bei allen anderen Flüssigkeiten nimmt die Dichtigkeit hingegen gleichmäßig mit der Abkühlung zu.

Fig. 11.




Eisbildung im Winter.

29. So bedeutungslos diese Unregelmäßigkeit auf den ersten Blick erscheinen mag, zu so hoher Bewunderung muß sie uns doch hinreißen, wenn wir auf die Folgen derselben blicken. Ohne diese Ausnahme würde unser Vaterland ein grönländisches Klima haben. Die **Abkühlung** unserer **Gewässer** bei eintretendem Winter erfolgt hauptsächlich durch die kalte Luft, also von oben; das entstandene kältere Wasser ist schwerer, es sinkt folglich zu Boden und das wärmere von unten tritt an seine Stelle, welches wieder abgekühlt wird und niedersinkt. Würde das Wasser bis zu seinem Gefrierpunkt fortwährend dichter, so müßte diese Circulation fortdauern, bis alles Wasser bis zur größten Tiefe hinab 0° erreicht hätte, und einige kalte Tage würden dann hinreichen, unsere Seen und Flüsse bis auf den Grund in Eis zu verwandeln. Dies geschieht aber nicht, weil der gedachte Kreislauf, und mit ihm die schnelle Abkühlung des Wassers, von dem Zeitpunkte an aufhört, wo die Temperatur des Wassers bis auf + 4° C. gesunken ist, da das noch mehr erkaltete Wasser dann leichter ist und oben aufschwimmt. Das Gefrieren kann hiernach nur an

der Oberfläche stattfinden und die entstandene Eisrinde nur ganz allmälig wachsen. In geringer Tiefe unter derselben behält das Wasser immer eine Temperatur von + 4° C.

## Schmelzen fester Körper durch Wärme.

30. Die Ausdehnung der Körper war die erste allgemeine Wirkung der Wärme; an den festen Körpern bemerken wir aber noch eine besondere Wirkung der Wärme: sie verändern nämlich ihren Aggregatzustand, sie werden flüssig, sie schmelzen. Manche werden vor dem Schmelzen erst weich, so daß sich einzelne Stückchen davon zu einem ganzen Stücke zusammenkneten lassen, z. B. Butter, Glas und Eisen; das spröde Glas läßt sich in diesem Zustande biegen und formen wie Wachs, das Eisen schweißen. Feste Körper werden durch Wärme flüssig.

**Versuch.** Man halte eine dünne Glasröhre in den oberen Theil einer Weingeistflamme und drehe sie dabei langsam zwischen den Fingern: sie wird, so wie sie glühend geworden ist, so weich sein, daß man sie beliebig biegen kann. Auf diese Weise kann man sich die mannigfach gebogenen Röhren, die zu chemischen Versuchen gebraucht werden, leicht selbst darstellen. Bei stärkeren Röhren wendet man eine Lampe mit doppeltem Luftzuge an, die eine ungleich stärkere Hitze giebt, als die einfache Weingeistlampe. Das Zerschneiden der Glasröhren geschieht mittelst einer kleinen dreieckigen Feile. Man hat nur nöthig, an der betreffenden Stelle einen kleinen Querstrich mit der Feile zu machen, die Röhre bricht dann, bei gelindem Ziehen oder Biegen, an diesem Orte leicht entzwei.

Die meisten festen Körper werden plötzlich flüssig, wie man dies beim Schmelzen des Eises, des Bleies 2c. leicht wahrnehmen kann.

31. **Versuch.** Man setze eine Tasse voll Schnee oder Eis und eine andere mit einem Stück Talglicht auf einen warmen Ofen und tauche von Zeit zu Zeit ein Thermometer in die schmelzenden Massen: man wird finden, daß das Thermometer in dem ersten Gefäße auf 0°, in dem zweiten auf ungefähr 38° C. so lange stehen bleibt, als noch ungeschmolzenes Eis oder ungeschmolzener Talg vorhanden ist. Erst Schmelzpunkt

Schmelzpunkt. nach vollständiger Schmelzung steigt es höher. Wir nennen den Wärmegrad, bei dem ein Körper schmilzt, den **Schmelzpunkt**. Er ist überaus verschieden, bald über, bald unter dem Eispunkte; beim Blei z. B. über 300° C., beim Silber über 1000° C.; festes Quecksilber hingegen schmilzt schon bei 40° unter Null. Stellt man die beiden Tassen mit dem geschmolzenen Eis und Talg in die Kälte, so bemerkt man, daß der Talg sehr bald wieder erstarrt, ungefähr bei + 35°, das Wasser aber erst dann, wenn es bis zu 0° abgekühlt ist. Das Erstarren oder Gefrieren flüssiger Körper erfolgt also nahezu bei derselben Temperatur, bei welcher dieselben Körper, wenn sie fest sind, flüssig werden oder schmelzen.

Manche Körper, z. B. die Kohle, sind bis jetzt noch nicht zum Schmelzen, andere, z. B. der Weingeist, noch nicht zum Gefrieren gebracht worden; es ist aber sehr wahrscheinlich, daß, wenn wir noch höhere Hitze oder Kälte hervorzubringen lernen, wir dahin kommen werden, alle festen Körper flüssig und alle flüssigen wieder fest zu machen.

Wärme verschwindet beim Schmelzen. 32. **Latente Wärme. Versuch.** Auf die Kochplatte eines geheizten Ofens stelle man zwei gleich große Töpfe, den einen mit 1 Pfund Schnee von 0°, den anderen mit 1 Pfund Wasser von 0°, und entferne sie wieder, wenn der Schnee in dem ersten Gefäße eben geschmolzen ist. Durch das bloße Gefühl schon wird man bemerken, daß das Schneewasser im ersten Gefäße kalt geblieben, das Wasser im zweiten Gefäße aber heiß geworden ist; ein eingetauchtes Thermometer wird in dem ersten 0°, in dem letzteren + 75° C. anzeigen. Da beide Töpfe gleichviel Wärme vom Ofen empfingen und vorher auch gleiche Temperatur hatten, so drängt sich von selbst die Frage auf: wohin sind die 75 Grad Wärme gekommen, die das mit Schnee gefüllte Gefäß erhielt? Als Antwort dient hierauf: sie sind vom Schnee verschluckt worden, und dieser hat dadurch eine flüssige Gestalt angenommen, er ist geschmolzen.

**Versuch.** In das Gefäß, welches das Pfund von dem bis zu 75° C. erhitzten Wasser enthält, schütte man ein Pfund **Schnee** von 0°,

und prüfe wieder mit dem Thermometer: das Quecksilber wird bis auf den Eispunkt herabgesunken sein, so wie aller Schnee zergangen ist. Der Schnee hat also auch hier dem heißen Wasser 75° Wärme entzogen und ist dabei flüssig geworden.

33. **Versuch.** Diese Wärme ist im Wasser keineswegs vernichtet, sie ist darin nur versteckt (latent) und bleibt so lange bei demselben, als es flüssig bleibt; sie wird aber wieder frei oder fühlbar, wenn das Wasser feste Gestalt annimmt. Man nimmt dies sehr deutlich wahr, wenn man auf 3 Loth gebrannten Kalk 1½ Loth Wasser sprengt; der Kalk bläht sich auf, wird sehr heiß und zerfällt endlich zu einem staubigen Pulver. Wird dieses nach dem Erkalten gewogen, so zeigt sich eine Gewichtszunahme von 1 Loth; aus 3 Loth Kalk sind 4 Loth Kalkpulver (gelöschter Kalk) geworden; das fehlende ½ Loth Wasser ist als Wasserdampf weggegangen. Was die Gewichtszunahme bewirkt hat, das kann nur das Wasser sein, welches sich mit dem Kalk chemisch vereinigte; dieses kann ferner nur in fester Gestalt in dem gelöschten Kalk sein, denn der letztere ist ein ganz trockener, staubiger Körper. Die starke Erhitzung erklärt sich theils daraus, daß das Wasser beim Festwerden die Wärme wieder abgab, die es beim Schmelzen verschluckt hatte, theils daraus, daß ein Paar Körper sich mit großer Energie chemisch mit einander verbanden. Ein gleiches Verschwinden von Wärme findet überall Statt, wo feste Körper flüssig werden; ein Freiwerden von Wärme dagegen überall, wo flüssige Körper erstarren, und es erklärt sich hieraus ganz einfach, warum z. B. die Luft immer kühl bleibt, so lange der Schnee und das Eis im Frühjahre wegthauen, warum die Kälte bei Schneefall gelinder wird 2c.

Wärme wird frei beim Erstarren.

Die Wärme, die wir durch das Gefühl und das Thermometer wahrnehmen, nennen wir freie Wärme; sie haftet nur lose an den Körpern und entweicht beim Abkühlen wieder aus ihnen; die unbemerkbare Wärme dagegen, welcher die tropfbaren Körper ihre Flüssigkeit verdanken, und die nur beim Erstarren derselben wieder entweicht oder frei wird, heißt gebundene oder latente Wärme. Die

Flüssigkeiten können sonach als Verbindungen von festen Körpern mit latenter Wärme betrachtet werden.

## Kochen und Verdampfen flüssiger Körper.

Kochen des Wassers.

34. Kochen des Wassers. Das Wasser kocht bekanntlich, wenn es bis auf eine gewisse Temperatur erhitzt wird.

Versuch. In einem Probirgläschen wird Wasser, in welches man einige Sägespähne gestreut hat, über einer Weingeistlampe erhitzt. Das Gläschen wird oben angefaßt und anfangs einige Minuten zwischen den Fingern gedreht, damit die Flamme alle Stellen der Bodenfläche gleichmäßig treffe und erwärme. Beobachtet man das Wasser genau, so wird man bemerken, daß die leichten Holzspähnchen an der oberen Wand des Gläschens in die Höhe, an der unteren herabsteigen; das warm und leichter gewordene Wasser steigt sonach aufwärts und dafür sinkt das kältere, also auch schwerere Wasser herab: das Wasser circulirt. In Folge dieser Kreisbewegung erfolgt die Erwärmung von Flüssigkeiten immer schneller, wenn man das Feuer unter denselben anbringt.

Fig. 12.

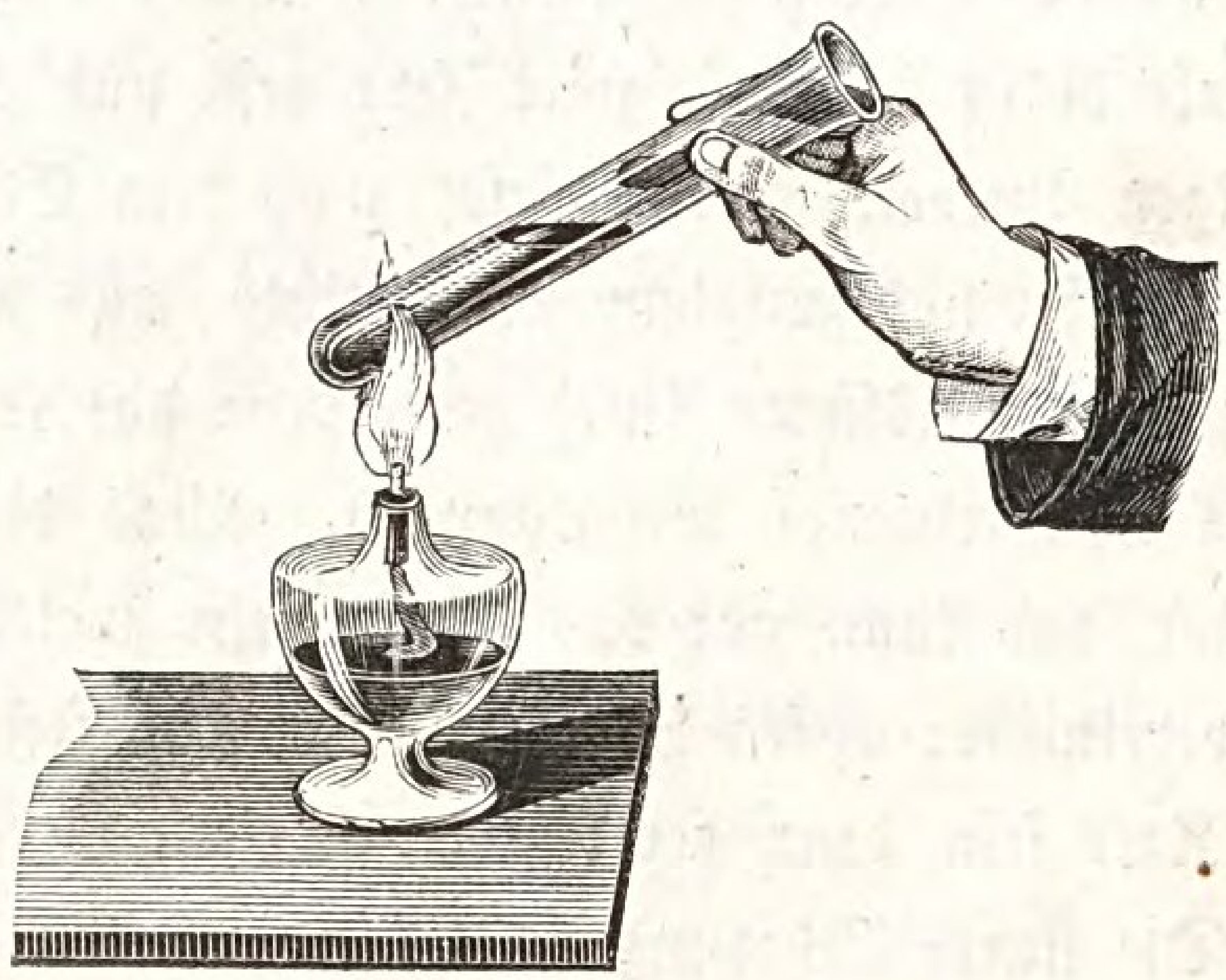
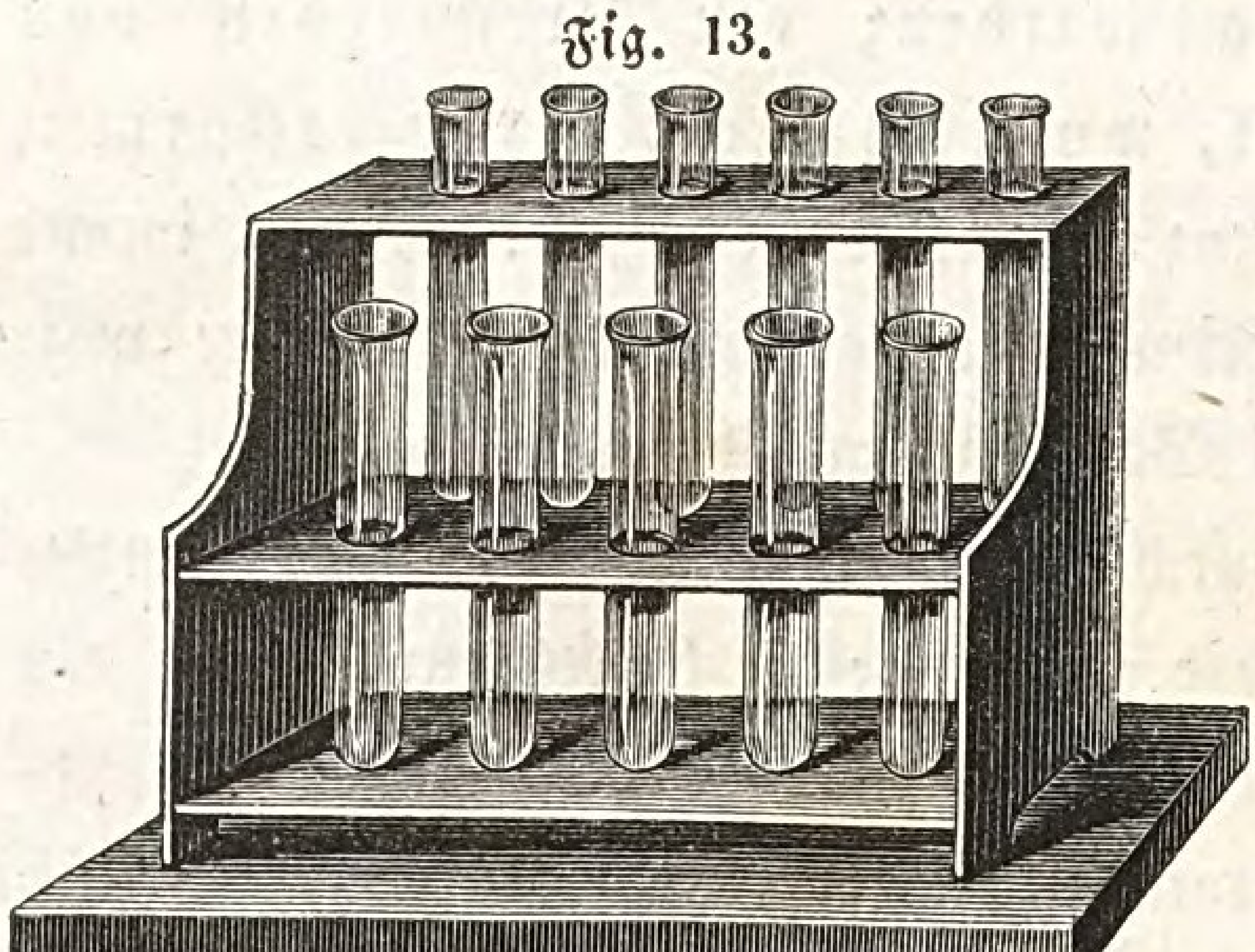


Fig. 13.



Probirgläschen.

Die **Probirgläschen** sind cylindrische Glasgefäße mit einem halbkugelförmigen Boden. Damit sie beim Kochen nicht springen, muß der Boden gleichförmig ausgeblasen und nicht von zu dickem Glase sein. Zur bequemen Aufstellung derselben dient ein einfaches Holzgestell von vorstehender Form (Fig. 13). Probirgläschen.

**Versuch.** Man wiederhole den vorigen Versuch, aber in einem Kochfläschchen und ohne Sägespähne, damit das Wasser durchsichtig bleibe: es werden sich nach kurzer Zeit viele kleine Perlen an den Glaswänden zeigen, die allmälig größer werden und in die Höhe steigen. Diese Bläschen bestehen aus Luft, die durch die Wärme ausgedehnt und aus dem Wasser vertrieben wird. Jedes Brunnenwasser enthält etwas Luft aufgelöst und erlangt dadurch vorzugsweise den erfrischenden Geschmack, den man bei abgekochtem oder gestandenem Wasser vermißt. Späterhin, wenn das Wasser schon ziemlich heiß geworden, entstehen größere Bläschen am heißeren Boden des Fläschchens, die gleichfalls in die Höhe steigen, aber beim Aufsteigen kleiner werden und wieder vergehen, ehe sie die Oberfläche des Wassers erreicht haben; sie bestehen aus luftförmigem Wasser (Wasserdampf), welches durch die weniger heiße obere Flüssigkeit wieder zu flüssigem wird. Das Zusammenfallen der Wassertheilchen an den Stellen, wo diese Blasen von Wasserdampf verschwinden, verursacht das dem Kochen vorangehende, eigenthümliche Geräusch, welches man gewöhnlich das Singen des Wassers nennt. Ist die ganze Wassermenge bis zu Erscheinungen beim Sieden des Wassers.

Fig. 14.



100° C. erhitzt, so werden diese Blasen nicht mehr unterwegs verdichtet, sondern steigen bis zur Oberfläche und bleiben hier, von einer dünnen Schicht Wasser umgeben, einige Augenblicke auf dem Wasserspiegel, bis sie endlich zerplatzen, weil der Wassermantel sich wieder niedersenkt. Dies ist das Kochen oder Sieden des Wassers. Das Wasser kocht bei 100° C.; andere Flüssigkeiten kochen leichter, Weingeist z. B. schon bei 80° C.; andere wieder schwerer, Quecksilber z. B. erst bei 360° C.

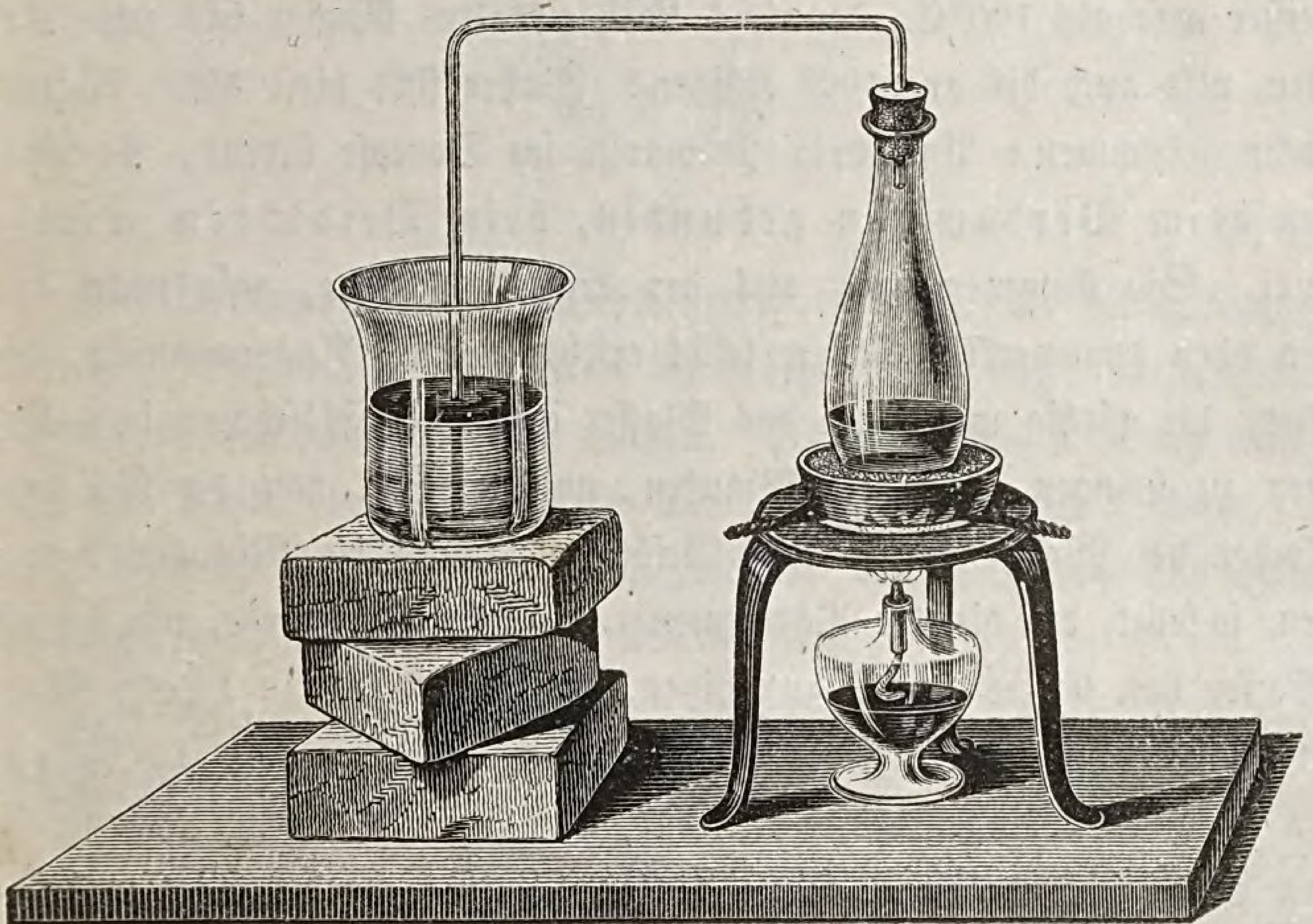
Verdampfung des Wassers. 35. Wasserdampf. Der Raum über dem kochenden Wasser im Innern des Fläschchens scheint zwar leer, in der That aber ist er mit luftförmigem Wasser angefüllt, welches die zuvor darin befindliche Luft herausgedrängt hat. Man nennt dieses luftförmige Wasser Wasserdampf. Dieser ist fast 1700mal leichter als das flüssige Wasser, denn ein Maaß Wasser giebt nahezu 1700 Maaß Wasserdampf von 100° C. Im Gläschen ist der Wasserdampf durchsichtig und unsichtbar, außerhalb desselben aber steigt er in Gestalt weißer Wolken in die Luft empor, die sich sehr stark vermehren, wenn man durch eine Glasröhre kalte Luft in das Gläschen bläst. Durch Abkühlung geht nämlich die Durchsichtigkeit verloren, weil sich wieder Wassertröpfchen bilden, die aber so klein und leicht sind, daß sie in der Luft schwimmen können. Die Wolken am Himmel bestehen gleichfalls aus solchem halb verdichteten Wasserdampf. Bei weiter fortschreitender Verdichtung werden die Tropfen endlich so groß und schwer, daß sie als Regen herabfallen. Ein Thermometer, in das kochende Wasser getaucht, zeigt 100° C., in dem darüber befindlichen durchsichtigen Dampfe gleichfalls nur 100° C. und diese Temperatur steigt durchaus nicht höher, mag man das Kochen noch so lange fortsetzen oder die Flamme der Lampe noch so stark machen. Es tritt ein ähnlicher Fall ein, wie beim Schmelzen des Schnees: es verschwindet Wärme, und dieses Verschwinden erfolgt auch aus gleicher Ursache wie dort: der Wasserdampf braucht Wärme zu seinem Bestehen und verbindet sich so innig mit derselben, daß sie unfühlbar, daß sie latent wird. Wie Wasser als eine Verbindung von Eis mit latenter

Wärme anzusehen ist, so ist Wasserdampf als eine Verbindung von Eis mit noch mehr latenter Wärme zu betrachten, welche letztere erst dann wieder frei werden kann, wenn aus dem Dampfe Wasser wird.

Kochen durch Dampf.

36. **Versuch.** Man verbinde eine gebogene Glasröhre durch einen Kork mit einem Kochfläschchen in der Weise, daß der kürzere

Fig. 15.



Schenkel der Röhre in dem Halse des Fläschchens festsitzt, der längere dagegen frei bis auf den Boden eines Becherglases oder eines gewöhnlichen Trinkglases reicht. Hierauf gieße man in jedes dieser 2 Gefäße 5 Loth eiskaltes Wasser und erwärme das Kochfläschchen auf einem Dreifuße allmälig bis zum Kochen. Die Zeit, welche nöthig ist, um diese 5 Loth Wasser bis zum Sieden zu erhitzen, wird angemerkt. Man läßt das Sieden so lange fortdauern, bis auch das Wasser in dem Becherglase in wallende Bewegung gerathen ist, und merkt sich die verflossene Zeit ebenfalls an; sie wird der ersten nahezu gleich sein. Der Wasserdampf, welcher sich beim Erhitzen des Fläschchens bildet, hat keinen anderen Ausweg als den durch die Röhre und das kalte Wasser, in welches die letztere eintaucht; beim Durchgehen durch dieses

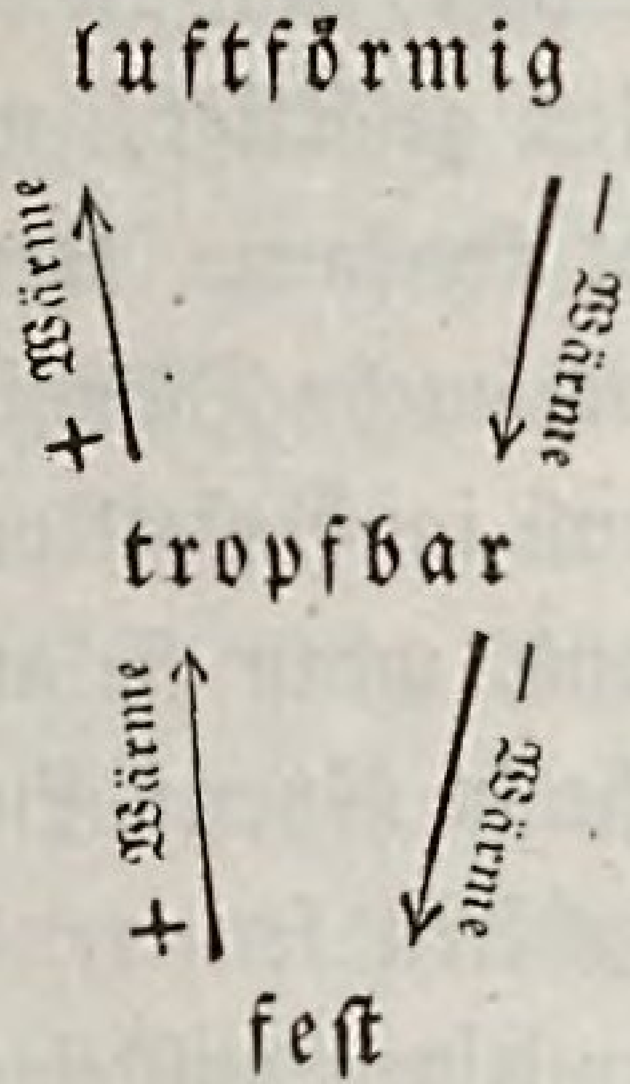
Wasser wird er aber verdichtet, und zwar so lange, bis auch der Inhalt des zweiten Gefäßes 100° C. heiß geworden ist und siedet.

Latente Wärme des Wasserdampfes.

Beide Gläser werden nun gewogen: in dem Kochfläschchen wird man 1 Loth Wasser weniger, in dem Becherglase 1 Loth mehr finden; es ist also 1 Loth Wasser im ersteren verdampft, im letzteren wieder verdichtet worden. Und dieses Loth Wasserdampf, welches selbst nicht heißer war als 100° C., konnte 5 Loth eiskaltes Wasser bis zum Kochen, also auch bis auf 100° erhitzen? Woher sind diese 500° Wärme mehr gekommen? Antwort: sie waren im Dampfe latent, sie wurden beim Verdampfen gebunden, beim Verdichten wieder frei. Sie stammen auch aus der Spiritusflamme, wie man aus den oben angemerkten Zeilen leicht ersehen kann. Angenommen, die Zeit, die nöthig war, um das Wasser im ersten Fläschchen in's Kochen zu bringen, habe 10 Minuten, und die Zeit von da bis zum Kochen des Wassers im zweiten Gefäße gleichfalls 10 Minuten betragen, so folgt, daß dieselbe Wärmemenge, die gebraucht wurde, um 5 Loth Wasser von 0° bis 100° C. zu erhitzen, nur hinreichte, um 1 Loth Wasser zu verdampfen; die ganze Wärme, welche in den letzten 10 Minuten durch die Weingeistlampe entstand, muß also als latente Wärme in den Dampf übergegangen sein. Nahm 1 Loth kochendes Wasser beim Verdampfen 500° C. Wärme auf, so muß der entstandene Wasserdampf auch wieder ebenso viel abgeben, wenn er wieder zu flüssigem Wasser wird; er muß also im Stande sein, aus 5 Loth Wasser von 0° 5 Loth von 100° zu machen.

Die Eigenschaft des Wasserdampfes, große Mengen von Wärme zu binden und sie beim Verdichten wieder abzugeben, macht denselben sehr geeignet zum Erhitzen von anderen Körpern, die man hierdurch zugleich gegen das Anbrennen sichert, da der Dampf in unverschlossenen Gefäßen nicht heißer als 100° C. werden kann. In den Apotheken bereitet man Infusionen, Decocte und Extracte durch Dampf; in Haushaltungen kocht man Speisen damit; in Brennereien destillirt man durch Dampf; in Färbereien und Bleichereien wendet man ihn

zum Auskochen und Ausfärben der Stoffe mit Wasser an; in anderen Etablissements zum Heizen der Locale, zum Trocknen u. s. w. Latente Wärme des Wasserdampfes.




Die Verminderung und Vermehrung der Wärme durch Aenderung des Aggregatzustandes der Körper kann durch vorstehendes Schema anschaulicher gemacht werden. Beim Aufsteigen in der Richtung der Pfeile (beim Schmelzen und Verdampfen) wird Wärme latent, beim Herabsteigen (beim Verdichten von Dämpfen und beim Erstarren flüssiger Körper) wird Wärme frei.

37. Wasserdunst. Wasser, in einer Tasse an die Luft gestellt, Verdunstung des Wassers. verschwindet nach und nach, im Sommer schneller, im Winter langsamer: es wird durch die Wärme der Luft luftförmig, es verdunstet. Hiebei geschieht dasselbe, wie bei der Verdampfung, nur allmälig und ohne sichtbare Bewegung des Wassers, weil dieses nur an der Oberfläche, nicht aber zugleich, wie beim Kochen, im Innern luftförmig wird. Der Dampf oder Dunst steigt in unsichtbarer Gestalt in die Luft. Warme Wassergehalt der Luft. Luft kann zwar mehr davon aufnehmen als kalte, immerhin aber nur für jeden Temperaturgrad eine festbestimmte Menge: eine größere, wenn sie wärmer ist, eine geringere, wenn sie kälter ist. So können 100 Maaß Luft bei 0°C. aufnehmen: $\frac{2}{3}$ Maaß Wasserdunst, bei 10°C. $1\frac{1}{4}$ Maaß, bei 20°C. $2\frac{1}{8}$ Maaß u. s. w. Hat die Luft die Quantität Wasserdunst, die sie bei ihrer Temperatur zu fassen vermag, noch nicht aufgenommen, fänden sich z. B. in 100 Maaß Luft von 20° nur erst 1 oder $1\frac{1}{2}$ Maaß davon, so nimmt sie begierig noch mehr auf, und nasse Gegenstände werden darin durch rasche Verdunstung schnell trocken; wir

Wassergehalt der Luft. nennen sie dann **trockne Luft**. Enthält sie dagegen schon so viel Wasserdunst, als sie bei der Wärme, die sie gerade besitzt, festzuhalten oder, wie man gewöhnlich sagt, aufzulösen im Stande ist, so heißt sie feucht oder mit Dünsten gesättigt, weil feuchte Sachen in ihr nur langsam oder gar nicht trocknen. Kommen zu dieser mit Feuchtigkeit gesättigten Luft noch mehr Dämpfe, oder wird sie abgekühlt, so sondert sich der Ueberschuß in Gestalt von sichtbaren Dunstbläschen aus, die man **Nebel** nennt, wenn sie auf dem Erdboden aufliegen, **Wolken** dagegen, wenn sie in höheren Luftregionen schwimmen. Zu Erscheinungen dieser Art gehören ferner: der weiße Rauch, den wir im Winter aus den Schornsteinen aufsteigen sehen, das Sichtbarwerden unsers Athems, wenn wir ihn in kalte Luft aushauchen, das Rauchen der Flüsse zur Winterszeit und nach einem Gewitter rc.

Thaupunkt. 38. Erfolgt das Erkalten der Luft durch einen kalten, festen Körper, so setzen sich die verdichteten Dünste an demselben als kleine Wassertröpfchen ab, wie wir es an dem Beschlagen eines kalten Glases sehen, das wir in eine warme Stube bringen, oder an dem Anlaufen unserer Fensterscheiben an der inneren Seite, wenn sie durch die kalte äußere Luft abgekühlt werden. Die Temperatur, bei welcher dies geschieht, bezeichnet man mit dem Namen: **Thaupunkt**; derselbe zeigt uns an, daß bei dieser Temperatur die Luft vollkommen mit Wasserdunst gesättigt sein würde.

Thaupunkt zu finden. **Versuch.** Man fülle ein Trinkglas mit überschlagenem (nicht zu kaltem) Wasser $1/4$ voll, tauche ein Thermometer in dasselbe und setze

Fig. 16.



nun nach und nach in kleinen Zwischenräumen so lange recht kaltes Wasser oder besser Eis hinzu, bis das Glas an der Außenseite zu beschlagen anfängt. So wie dies geschieht, sieht man nach, wie weit das Quecksilber im Thermometer gesunken ist; der Grad, bei dem es steht, ist als der Thaupunkt der Luft zu betrachten. Muß sehr viel kaltes Wasser zugesetzt werden,

ehe das Glas beschlägt, liegt also der Thaupunkt viel tiefer als die Temperatur der Luft, so können wir auf gutes Wetter schließen; liegen dagegen Thaupunkt und Lufttemperatur nicht weit aus einander, so ist baldiger Regen zu erwarten, weil die Luft in diesem Falle nur noch wenig Wasserdunst zu erhalten, oder nur wenig abgekühlt zu werden braucht, um ganz mit Feuchtigkeit gesättigt zu sein. Instrumente, durch welche man die Menge des Wasserdampfes in der Luft bestimmt, heißen **Hygrometer** (Feuchtigkeitsmesser). Manchen Körpern wohnt eine besondere Fähigkeit inne, die Wasserdünste aus der Luft anzuziehen und dadurch feucht zu werden; solche Körper, z. B. Darmsaiten, Pottasche, Schwefelsäure, frischer Gerstenzucker ꝛc., nennt man **hygroskopische**.

39. Die **Verdunstung** kann, außer durch Wärme, auch durch **Luftzug** beschleunigt werden, weil hiedurch die über der Flüssigkeit befindliche feuchte und mit Dampf gesättigte Luft weggetrieben und durch trocknere, gleichsam durstigere, ersetzt wird, die den sich bildenden Dampf schneller und in größerer Menge aufnehmen kann als jene. Daher trocknet der Erdboden nach einem Regen so schnell, wenn windiges Wetter eintritt; daher ist es nothwendig, in den Darren, Trockenstuben und Trockenschränken dafür zu sorgen, daß die Luft, wenn sie sich mit Feuchtigkeit gesättigt hat, abziehen und trocknere an ihre Stelle hinzutreten kann. Beschleunigung der Verdunstung.

Fig. 17.



40. Daß auch bei der langsamen **Verdunstung Wärme verschwindet**, gerade wie dies bei der raschen Verdampfung (36.) geschah, läßt sich sehr deutlich durch folgenden Versuch zeigen. Verdunstungskälte.

Versuch. Man fülle eine kleine Kugelröhre halb voll Wasser und umwickle die Kugel mit einem Stück Watte, das man festbindet; taucht man die Kugel dann in kaltes Wasser und dreht die Röhre zwischen beiden Händen in der Weise, wie man einen Quirl zu drehen pflegt, so wird man nach einiger Zeit schon durch's bloße Gefühl, genauer durch's Thermometer,

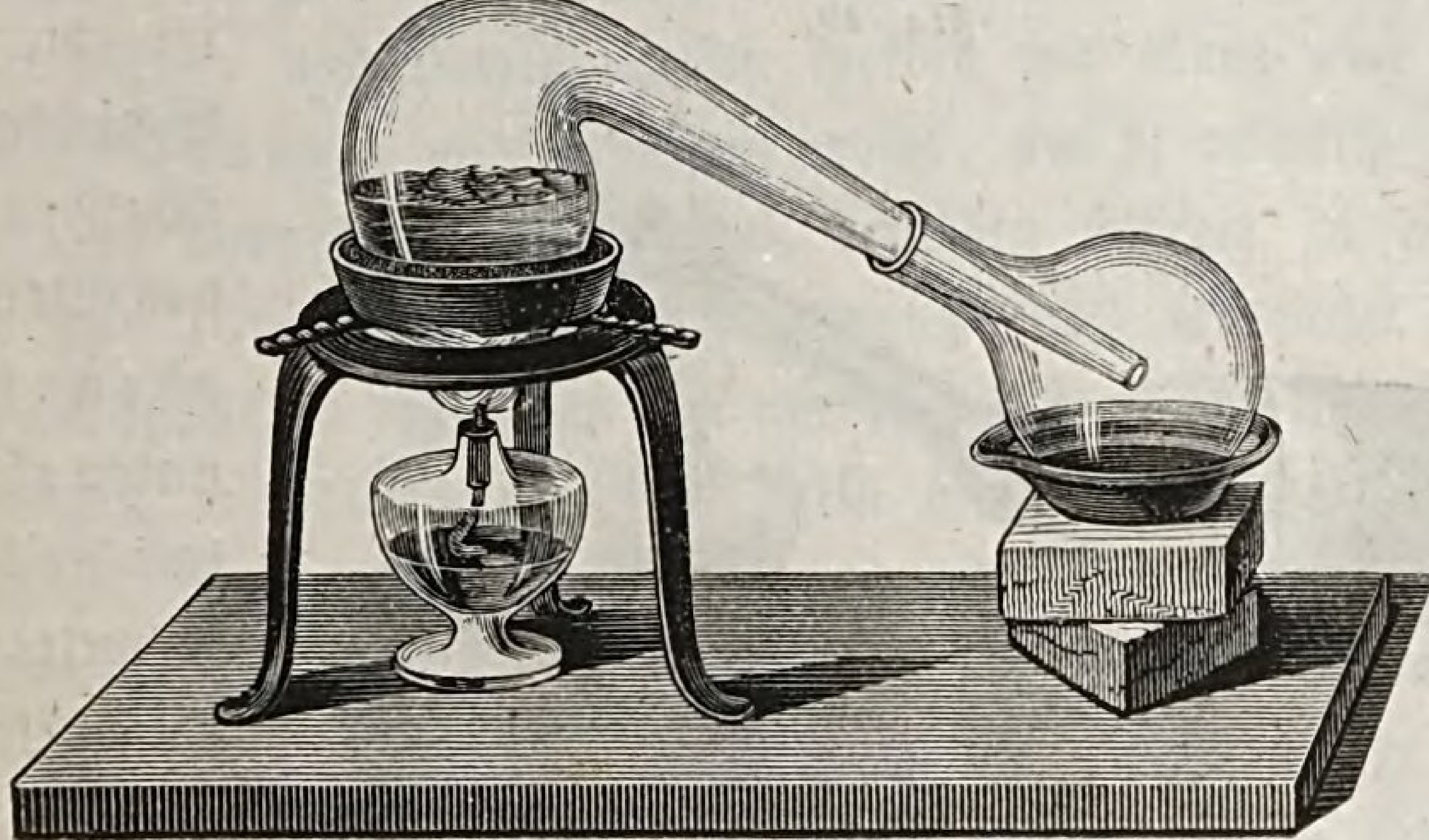
Verdunstungskälte. finden, daß das Wasser in der Kugel sehr viel kälter geworden ist. Befeuchtet man die Kugel mit Aether, einer sehr flüchtigen, d. h. sehr leicht verdunstenden Flüssigkeit, und bewegt sie wieder nach der angegebenen Art, so kann man, selbst im Sommer, ihren Inhalt leicht in Eis verwandeln. Wasser verdunstet langsam, Aether schnell; beide bedürfen Wärme, um sich in Dampf zu verwandeln; diese entnehmen sie von dem Wasser in der Kugel, daher die Erkaltung desselben. Man nennt diese Kälte **Verdunstungskälte**, und wir können sie leicht durch unser Gefühl wahrnehmen, wenn wir aus dem Bade steigen, wenn wir nasse Kleider tragen, oder wenn wir die Dielen eines warmen Zimmers mit Wasser besprengen. Durch sie wird der Mensch in den Stand gesetzt, die Sonnenglut des heißesten Klimas, ja selbst eine Hitze von 100° C. auszuhalten, ohne daß sein Blut heißer wird als 38 — 40° C.; er schwitzt nur stärker, und alle Wärme über 40° C. wird latent, indem sie den Schweiß verdunstet. Blasen wir auf heiße Suppe, so ist es gleichfalls die vermehrte Verdunstung, welche dieselbe schneller abkühlt; blasen wir dagegen im Winter in die kalten Hände, so bethauen diese und werden erwärmt, weil die in dem Wasserdunste des Athems enthaltene latente Wärme frei werden muß, so wie der Dunst sich zu flüssigem Wasser verdichtet.

Destilliren. 41. **Destillation.** Erfolgt die Verdichtung des Wasserdampfes in einem verschlossenen Raume, so können wir das gebildete Wasser sammeln.

**Versuch.** Eine kleine Glasretorte (eine Glaskugel mit umgebogenem Halse) wird zur Hälfte mit Wasser angefüllt und erhitzt: die sich bildenden Dämpfe gehen durch den Hals der Retorte in eine gläserne Vorlage mit geradem Halse (Kolben), welche in einer mit kaltem Wasser gefüllten Schüssel liegt, und werden darin verdichtet. Die Vorlage wird zu besserer Abkühlung mit grobem Löschpapier belegt, welches man häufig mit kaltem Wasser befeuchtet. Man nennt diese Operation eine **Destillation** (von destillare, herabtröpfeln), und das gewonnene reinere Wasser »**destillirtes**«. Reiner als Brunnenwasser ist es aus dem Grunde, weil die fast in jedem Brun-

nenwasser enthaltenen, nicht flüchtigen, erdigen und salzigen Theile nicht mit verdampft werden, sondern in der Retorte zurückbleiben. In der Natur findet ein ähnlicher Destillationsproceß mit dem Wasser im Großen Statt, indem dieses durch die Wärme verdunstet und durch Destilliren.

Fig. 18.



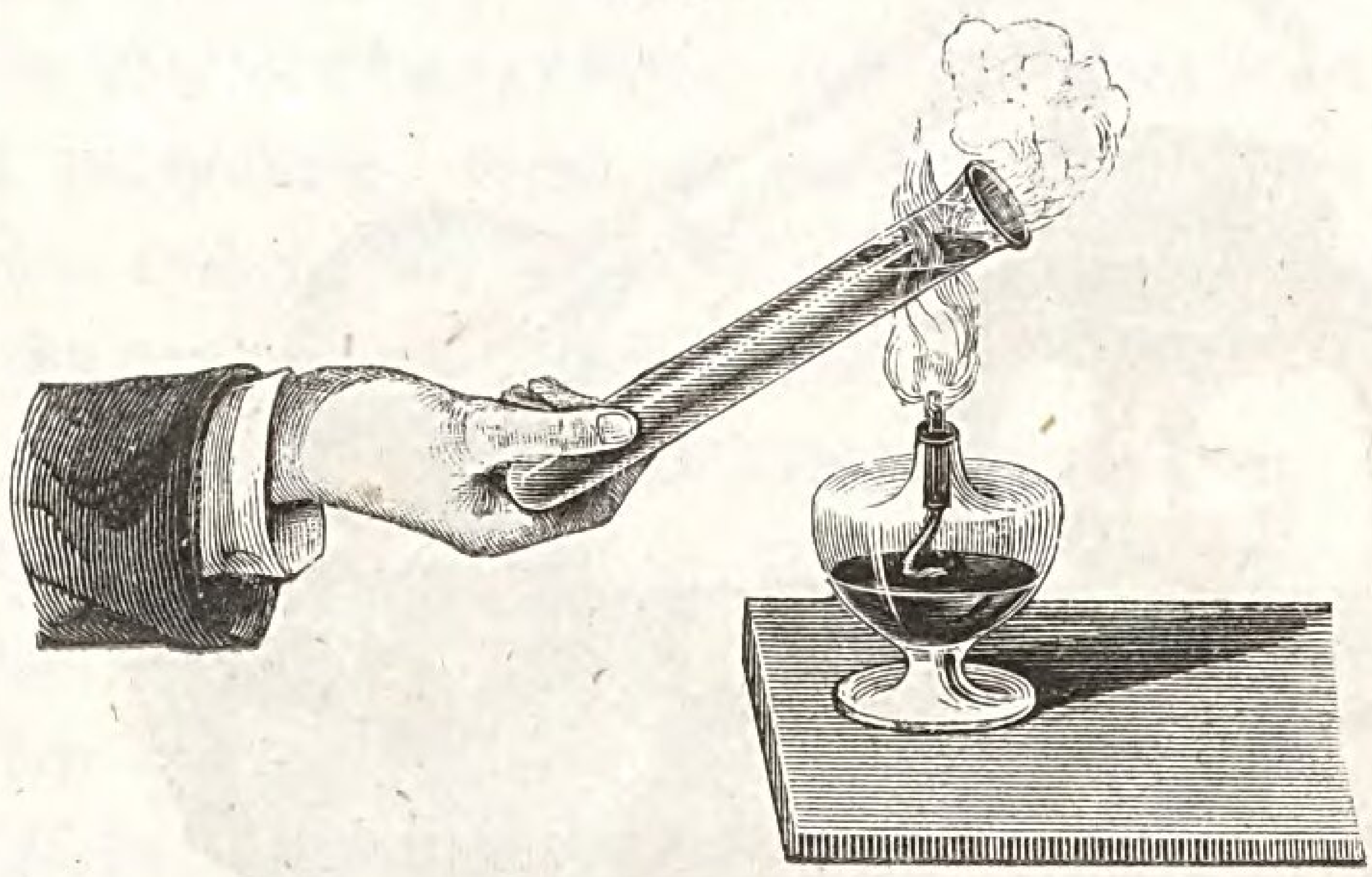
Abkühlung als Regen, Schnee oder Thau wieder verdichtet wird. Regenwasser ist daher, außer die ersten Portionen, welche Staub, Ammoniak, Kohlensäure ꝛc. enthalten, dem destillirten Wasser gleich zu achten. Durch die Destillation lassen sich auch leichtflüchtige Körper von schwerflüchtigen trennen, wie bei der Destillation von Branntwein der leichtflüchtigere Weingeist von dem zurückbleibenden, weniger flüchtigen Wasser. Zu Destillationen im Großen wendet man gewöhnlich kupferne Blasen an, und zum Abkühlen Kühlfässer mit schlangenförmig hin und her gewundenen Röhren, in welchen letzteren die Dämpfe einen längeren Weg zurückzulegen haben und demnach vollständiger verdichtet werden, als wenn das Rohr gerade durch das Faß hindurchgeht. Das in den Kühlfässern befindliche Wasser erhitzt sich durch die bei der Verdichtung des Wasserdampfes freiwerdende Wärme sehr bald, und es ist daher dafür zu sorgen, daß das heiße Wasser oben abfließen, unten aber kaltes Wasser dafür hinzutreten kann.

## Verbreitung der Wärme.

Wärmeleitung.

42. Wärmeleitung. Versuch. Ein Probirgläschen wird ziemlich voll Wasser gefüllt und so über eine Spirituslampe gehalten, daß die Flamme die oberen Schichten des Wassers erhitzt: das Wasser wird oben kochen, unten aber ganz kalt bleiben. Behandelte man Quecksilber auf gleiche Weise, so würden auch die untersten Schichten desselben nach und nach erwärmt werden. Man sieht: die Quecksilbertheilchen theilen einander die Wärme mit, die Wassertheilchen nicht. Körper, in denen sich, wie im Quecksilber, die Wärme schnell ausbreitet, heißen gute Wärmeleiter; Körper aber, die sich dem Wasser ähnlich verhalten, schlechte Wärmeleiter. Zu den ersteren gehören vorzugsweise die metallischen Körper, zu den letzteren: Stein, Glas, Holz, Schnee, Wasser und ganz besonders die weichen Körper, als: Tuch, Pelz, Leinwand, Stroh, Papier, Asche u. s. w.

Fig. 19.



Gute Wärmeleiter.

Die guten Wärmeleiter werden schnell warm und schnell wieder kalt, wie wir an den eisernen Oefen leicht bemerken können. Ein Stück Eisen fühlt sich in der Sonne heißer, im Schatten kälter an als ein Stück Holz von gleicher Temperatur; diese Täuschung des Gefühls erklärt sich dadurch, daß das wärmere Eisen der Hand schneller Wärme zuführt, das kältere derselben hingegen schneller Wärme entzieht als es das schlechter leitende Holz vermag.

Die **schlechten Wärmeleiter** werden nur langsam erwärmt, erkalten aber auch langsamer; aus diesem Grunde halten aus Ziegelsteinen erbaute Oefen, sogenannte russische, und die aus Thon bereiteten Kachelöfen länger warm als eiserne. Wir benutzen schlechte Wärmeleiter sehr häufig, um in dem einen Falle ein schnelles Heißwerden, in dem anderen ein schnelles Kaltwerden der Körper zu verhindern. Glas- und Porzellangefäße werden mit Sand oder Asche umgeben (**Sandbad**) und dann erst erhitzt, um sie allmälig zu erwärmen und dadurch das Zerspringen derselben seltener zu machen (Fig. 15 und 18). Erfolgt die Erwärmung durch Eingießen einer heißen Flüssigkeit, so muß man erst nur eine kleine Quantität davon hineinbringen und diese einige Zeit darin herumschwenken, ehe man mehr zusetzt. Beim Entfernen vom Feuer gilt es als eine wichtige Vorsichtsmaßregel, die heißen Gefäße nie auf Metall oder Stein, sondern immer auf schlechte Leiter, als: Stroh (Strohkränze), Holz, Papier, Tuch u. s. w. zu stellen; im entgegengesetzten Falle entstehen durch plötzliche Abkühlung und Zusammenziehung leicht Risse, ja diese können oft schon durch einen kalten Luftzug hervorgebracht werden. Um sich beim Anfassen heißer metallener Geräthschaften, z. B. der Ofenthüren, Plattglocken, vor Verbrennung zu schützen, versieht man diese mit Holzgriffen. Will man Kochfläschchen oder Probirgläschen, während Flüssigkeiten darin kochen, in der Hand halten, so umwickle man sie an der Stelle, wo sie angefaßt werden, mehrfach mit Papier oder Bindfaden, damit sich ein schlechter Leiter zwischen dem heißen Glase und den Fingern befinde. Wie wir im Stande sind, das Eindringen der Kälte in die Körper, oder richtiger das Entweichen der Wärme aus denselben, dadurch zu verhindern, daß wir sie mit schlechten Wärmeleitern umgeben: das sehen wir an unseren Kleidungsstücken, an Brunnen und Bäumen &c., wenn wir sie mit Stroh umwickeln, an den Saaten auf unseren Feldern, wenn diese mit Schnee bedeckt sind, und an unzähligen anderen Erscheinungen im gewöhnlichen Leben. Man nennt die schlechten Wärmeleiter aus diesem Grunde auch **gute Wärmehalter**.

Schlechte Wärmeleiter.

Wärmestrahlung. 43. Wärmestrahlung. Durch Leitung können Körper einander nur dann Wärme mittheilen oder entziehen, wenn sie sich berühren. Wir fühlen aber auch Wärme, wenn wir mehre Schritte von einem Feuer oder einem heißen Ofen entfernt bleiben, und bemerken, daß die Sonne die Erde erwärmt, obgleich zwischen beiden ein Raum von Millionen Meilen liegt. Diese Art der Erwärmung nennt man Wärmestrahlung.

Erwärmung durch Strahlung. Versuch. Man umwickle drei mit kaltem Wasser gefüllte Trinkgläser mit Papier, und zwar das eine mit Silber-, das andere mit weißem, das dritte mit nicht glänzendem, schwarzen Papier, und stelle die Gläser in die Sonne: ein eingetauchtes Thermometer wird zeigen, daß das schwarze Glas am stärksten, das silberglänzende am wenigsten erwärmt wird, obgleich alle Gefäße gleichviel Sonnenstrahlen bekommen. Diese Verschiedenheit erklärt sich dadurch, daß die Sonnenstrahlen von hellfarbigen und glänzenden Körpern zum größten Theile abprallen (sie werden zurückgeworfen oder reflectirt), während sie von Körpern, die eine dunkle Farbe haben und nicht glänzen, zum größten Theile verschluckt (absorbirt) werden. Im letzteren Falle werden mit dem Licht zugleich die meisten Wärmestrahlen der Sonne absorbirt und diese bewirken die größere Erhöhung der Temperatur. Hieraus erklärt sich: warum schwarze Kleider uns wärmer halten als weiße; warum der Schnee schneller wegschmilzt, wenn man Ruß oder dunkle Erde auf ihn streut; warum Weintrauben, Obst rc. an den dunkeln Wänden schneller reifen als an Wänden von heller Farbe u. a. m.

Erkaltung durch Strahlung. Gießt man heißes Wasser in die mit Papier umwickelten Gläser und beobachtet die Abkühlung desselben durch das Thermometer, so wird man das Gegentheil bemerken: das geschwärzte Glas wird am schnellsten, das in Silberpapier eingewickelte am langsamsten kalt, weil Körper mit matter Oberfläche die Wärme schneller ausstrahlen als Körper mit glänzender Oberfläche. Aus diesem Grunde bleibt Kaffee in einer blanken Kanne länger heiß als in einer berußten, ein Ofen von glasirten glänzenden Kacheln länger heiß als ein anderer mit ungla-

sirten, matten Kacheln, ein polirter eiserner Ofen länger als ein gleicher mit rauher Gußoberfläche 2c.

Durch die Wärmestrahlung sind wir im Stande, uns einige allgemein verbreitete Naturerscheinungen zu erklären, die außerdem sehr räthselhaft erscheinen müßten. Schneegrenze Warum vermögen die Sonnenstrahlen den Schnee auf hohen Bergen, die doch der Sonne näher liegen als die ebenen Theile der Erde, selbst im heißesten Sommer nicht zu schmelzen? Weil sie nur dann erwärmend wirken, wenn sie auf Körper treffen, welche die Wärme derselben zu absorbiren vermögen, z. B. auf die rauhe Erdoberfläche. Der Schnee wird zwar auch von den Sonnenstrahlen getroffen, allein als ein weißer und glänzender Körper wirft er sie wieder zurück und bleibt kalt.

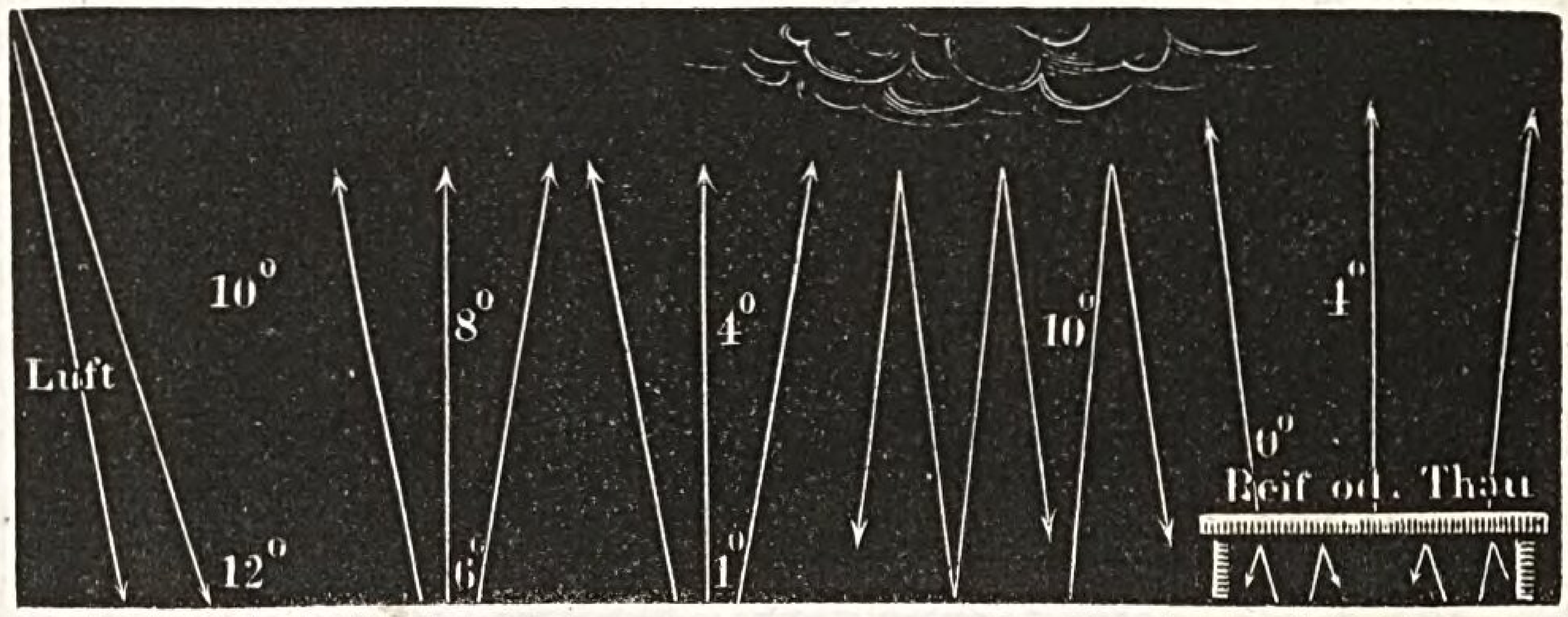
44. Entstehung von Thau. Thau und Reif. Ist die Oberfläche der Erde warm geworden, so erwärmt sich an dieser die Luft; es werden daher am Tage die unteren Luftschichten immer wärmer sein als die oberen. Anders aber, wenn die Sonne untergegangen ist. Die Erde strahlt jetzt immer noch Wärme aus, ohne welche wieder zu erhalten, sie muß daher nach und nach kälter werden; die Luft dagegen giebt die Wärme, welche sie einmal hat, nicht so schnell ab und behält deshalb während der Nacht eine höhere Temperatur als der Erdboden; sie wird vorzugsweise nur da abgekühlt, wo sie auf der kälteren Erde ruht. Geht diese Abkühlung bis unter den Thaupunkt der Luft (38.), so setzen sich die verdichteten Dünste an dem Erdboden oder an den darauf wachsenden Pflanzen als kleine Tröpfchen ab, gerade wie sich Wassertröpfchen aus einer warmen Stubenluft an einem kalten, in dieselbe gebrachten Trinkglase niederschlagen: es entsteht Thau. Sinkt die Temperatur der Erdoberfläche in einer Nacht bis zum Eispunkte, oder unter denselben, so werden die Wasserdünste in fester Gestalt niedergeschlagen und heißen dann Reif.

Die Wärmeausstrahlung der Erde ist am stärksten, wenn der Himmel heiter und die Luft ruhig ist; sie wird dagegen verhindert durch Wolken und Wind, und deshalb thaut es nur bei heiteren und windstillen Nächten reichlich. Die Wolken wirken hiebei wie ein Schirm,

Thau und Reif.

durch den man sich vor der Hitze eines Ofens schützt, sie werfen nämlich die bis zu ihnen emporgedrungenen Wärmestrahlen wieder auf die Erde zurück, so daß die letztere sich nur wenig abkühlen kann. Dasselbe thun auch die Bastmatten, Strohdecken und Bretter, welche die Gärtner über junge Pflanzen decken, um sie bei Spätfrösten im Frühjahre vor dem Erfrieren zu schützen. Die beistehenden Figuren, auf welchen die Richtung der Wärmestrahlen durch Pfeile angegeben ist, mögen diese Vorgänge anschaulicher machen.

Sonnenstrahlen. Fig. 20.




| Erdboden 15° | 5° Thau | 0° Reif | 12° kein Thau od. Reif | 5° kein Reif od. Thau |
|---|---|---|---|---|
| Am Tage. | Bei heiteren und stillen Nächten. | | Nacht bei bewölktem Himmel od. Wind. | Nacht bei heit. Himmel, Erde bedeckt. |

## Auflösen und Krystallisiren.

Wasser löst feste Körper auf.

45. **Auflösen.** Das Wasser vermag sehr viele feste Körper flüssig zu machen und sich innig mit denselben zu verbinden, ohne daß es seine Durchsichtigkeit verliert; man nennt solche Verbindungen **Auflösungen**. Trifft das Regenwasser in dem Erdboden oder in den Gebirgsarten, durch welche es hindurchsickert, lösliche Substanzen an, so löst es diese auf, und es erklärt sich hieraus, warum fast alles **Quellwasser** beim Verdunsten einen erdigen oder salzigen Rückstand hinterläßt. Häufig wird dieser Rückstand, besonders dann, wenn er Kalktheile enthält, während des Abdampfens so verändert, daß er sich nicht wieder im Wasser auflöst und eine steinartige Kruste um die Wände

der Kochgefäße bildet (Pfannen- oder Kesselstein). Der Karlsbader Sprudel setzt so viel Pfannenstein ab, daß in denselben gelegte Gegenstände in kurzer Zeit äußerlich versteinert oder incrustirt erscheinen. Ist ein Wasser sehr reich an aufgelösten Stoffen, besonders an solchen, welche eine Heilkraft besitzen, z. B. an Eisen, Schwefel, Salzen rc., so erhält es den Namen Mineralwasser oder Gesundbrunnen. Ein Pfund Meerwasser enthält gegen 1 Loth aufgelöste Substanzen. Wasser löst feste Körper auf.

46. **Versuch.** Man übergieße einen Theelöffel voll gelöschten Kalkes (33.) in einem gewöhnlichen Medicinglase mit ¼ Quart Wasser, verstopfe das Glas und lasse es, nachdem man es einige Minuten durchschüttelt hat, so lange ruhig stehen, bis das Wasser wieder vollkommen klar geworden ist. Durch vorsichtiges Neigen des Glases läßt sich der größte Theil der Flüssigkeit abgießen, ohne daß der Bodensatz mit ausfließt. Man nennt diese Operation Decantiren, die klare Flüssigkeit Kalkwasser. Der Kalk ist sehr schwer löslich in Wasser; 1 Loth davon braucht 600 Loth Wasser, um aufgelöst zu werden, der Ueberschuß desselben bleibt ungelöst und setzt sich, da Kalk schwerer ist als Wasser, zu Boden. Daß sich in der Flüssigkeit etwas aufgelöster Kalk befinde, zeigt schon der eigenthümliche Geschmack derselben. Dieser Geschmack heißt alkalisch oder laugenhaft. Schwerlösliche Körper. Kalkwasser.

Einen Theil des Kalkwassers bewahre man in einem wohlverstopften Gefäße zu weiterem Gebrauche auf: das Wasser wird durchsichtig und klar bleiben; den anderen Theil stelle man in einem offenen Trinkglase an die Luft: das Wasser wird bald trübe werden und sich mit einem Häutchen überziehen, welches nach und nach stärker wird und zu Boden fällt. Ist das Wasser nach einigen Tagen wieder klar geworden, so schmeckt es nicht mehr alkalisch; der vorher darin aufgelöste Kalk ist an der Luft chemisch verändert und dabei unlöslich geworden, er findet sich in pulverförmiger Gestalt am Boden des Gefäßes.

47. **Versuch.** Ein Loth käuflicher Lackmus wird in einem Fläschchen mit 6 Loth Wasser übergossen und so lange an einen warmen Ort gestellt, bis die Flüssigkeit eine dunkelblaue Farbe angenom- Lackmustinctur.

men hat. Lackmus besteht aus einem blauen Farbstoff, der in Wasser löslich ist und daher von diesem ausgezogen wird; außerdem enthält der Lackmus aber auch erdige Theile, welche unlöslich sind und als Schlamm zurückbleiben. Man könnte diese beiden Stoffe zwar auch, wie bei dem vorigen Versuche, durch Absetzen und Abgießen von einander trennen, dies läßt sich aber auch, und zwar schneller, durch Fil-
Filtriren. triren bewirken. Zu dem Ende schneidet man sich aus einem Bogen Fließ- oder Löschpapier ein kreisförmiges Stück aus, bricht dieses doppelt zusammen und stellt den so erhaltenen Papiertrichter (Filtrum) in einen Glastrichter.

Fig. 21.

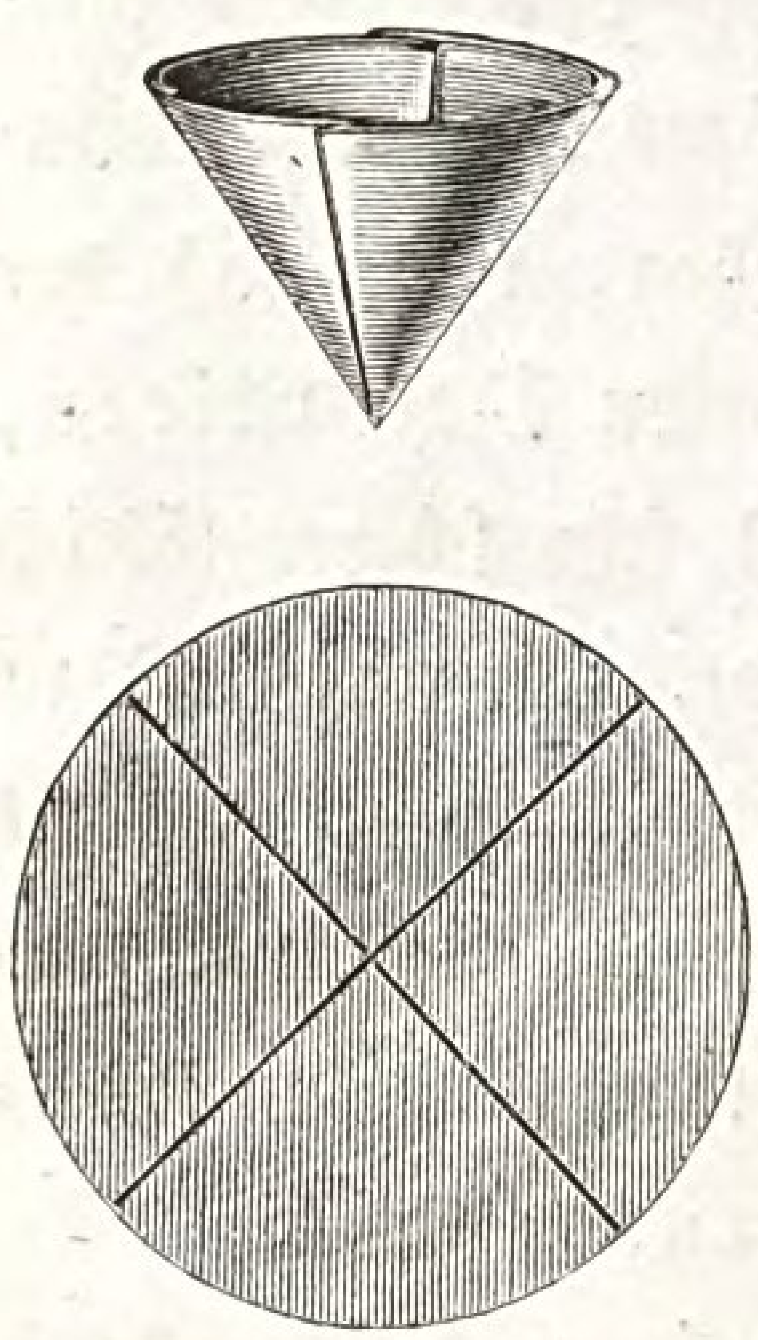


Fig. 22.



Zwischen das Papier und Glas kommen einige dünne Holz- oder Glasstäbe, damit das erstere sich nicht zu fest an die Glaswände anlege; eben so hat man dafür zu sorgen, daß zwischen der Trichterröhre und dem Halse der Glasflasche, in welche die filtrirte Flüssigkeit läuft, eine Oeffnung bleibe zum Entweichen der Luft aus der Flasche, weil außerdem die Flüssigkeit nicht aus dem Trichter ablaufen kann. Dieses erreicht man am einfachsten durch ein Stückchen von dünnem Bindfaden, welches man in den Hals der Flasche einklemmt. Das Filtrum, welches nie höher sein darf als der Trichter, wird zuvor mit Wasser angefeuchtet, ehe man die Flüssigkeit aufgießt. Das Fließpapier besteht aus feinen, zusammengefilzten Leinwand- oder Baumwollenfasern, zwischen denen sich kleine Zwischenräume oder Poren befinden, durch welche wohl Flüssigkeiten, nicht aber pulverige, feste Theile dringen können;

die letzteren bleiben daher auf dem Filtrum zurück. Bei dem Schreibpapier sind diese Poren durch Leim oder Stärkekleister zugeklebt, es kann aus diesem Grunde nicht zum Filtriren angewendet werden.

Blaues Probirpapier.

48. **Versuch.** Von der erhaltenen Lackmusauflösung (Tinctur) gieße man einen Theil in eine Tasse und ziehe Streifen von feinem Fließpapier oder auch von Briefpapier ein oder einige Male hindurch, bis dieselben eine deutlich blaue Farbe angenommen haben. Die getrockneten Streifen werden unter dem Namen blaues Lackmus- oder Probirpapier in einer Schachtel aufbewahrt; sie werden durch Essig, Citronensaft und alle sauren Flüssigkeiten roth, und man erkennt dadurch, ob eine Flüssigkeit sauer sei (sauer reagire) oder nicht.

Rothes Probirpapier.

**Versuch.** Ein anderer Theil der Lackmustinctur wird vorsichtig mit soviel Citronensaft versetzt, daß die blaue Farbe deutlich roth erscheint, und dann gleichfalls zum Färben von Papier verwendet. Das rothe Probirpapier dient zur Erkennung der den Säuren entgegengesetzten alkalischen oder basischen Körper, welche dasselbe wieder blau machen, wie man leicht sehen kann, wenn man es in Kalkwasser oder angefeuchtete Asche hält.

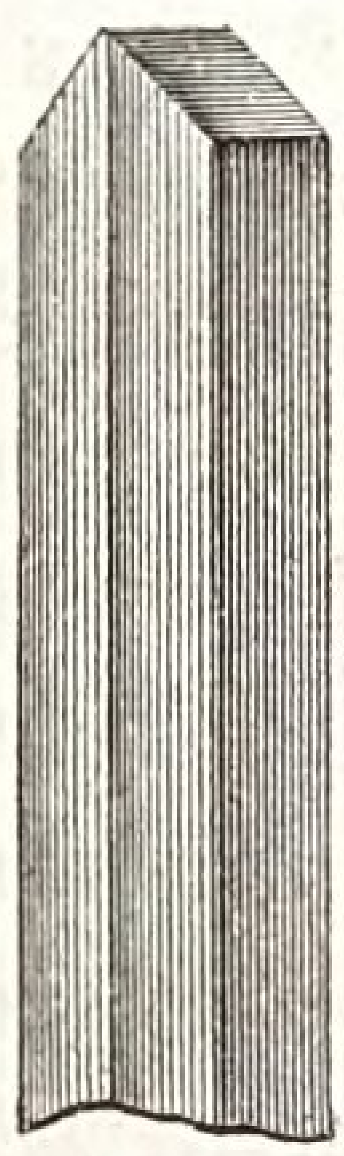
Leichtlösliche Körper.

49. **Versuch.** Zu 2 Loth kaltem Wasser setze man nach und nach unter stetem Umrühren so lange gestoßenen Salpeter, als derselbe noch darin zergeht: man wird ungefähr ½ Loth brauchen; was darüber hinzugesetzt wird, bleibt ungelöst am Boden liegen. Man nennt diese Auflösung eine kalt gesättigte. Erhitzt man dieselbe bis zum Kochen und fügt von Neuem Salpeter hinzu, so wird man noch nahezu 4 Loth hinzusetzen können, ehe die Flüssigkeit wieder gesättigt ist. Ein in diese kochend gesättigte Lösung gehaltenes Thermometer wird ungefähr bis auf 108° steigen, während es in kochendem Wasser nur eine Höhe von 100° erreicht; alle Salzlösungen kochen schwerer als Wasser und gefrieren auch schwerer. Wie der Salpeter, so verhalten sich alle im Wasser löslichen Körper: sie werden nämlich von letzterem nur in einer bestimmten Menge aufgenommen; bei den meisten gilt es als Regel, daß heißes Wasser mehr von ihnen auflösen kann als kaltes.

Krystallisiren durch Abkühlung.

50. Krystallisiren. Versuch. Gießt man die bei dem vorigen Versuche gewonnene Lösung heiß in ein vorher angewärmtes Porzellanschälchen und läßt sie ruhig stehen, bis sie ganz erkaltet ist, so scheiden sich die zuletzt zugesetzten 4 Loth Salpeter wieder in fester Gestalt aus, aber nicht als Pulver, sondern als regelmäßig gebildete Säulen. Diese Säulen sind sechsseitig und haben oben eine zweiflächige, einem Dache ähnliche Zuspitzung; wir nennen sie Salpeterkrystalle. An jedem Krystalle unterscheidet man äußerlich: Flächen, Kanten und Ecken, gleichsam als ob derselbe aus einzelnen, dreieckigen, vier- oder mehreckigen Stücken zusammengesetzt oder künstlich geschliffen wäre; ja diese Regelmäßigkeit findet sich auch im Innern desselben, wie man zuweilen bemerken kann, wenn man einen durchsichtigen Krystall gegen das Licht hält und langsam umdreht, oder wenn man ihn zerschlägt, wobei die einzelnen kleinen Bruchstücke oft wieder dieselbe regelmäßige Gestalt zeigen, welche der ganze Krystall hatte. Wir finden also auch in der leblosen Natur eine geheimnißvolle Gewalt, — ähnlich der, welche die Biene nöthigt, sich eine sechseckige Wohnung zu erbauen, oder die Kartoffel, immer eine fünfeckige Blume und fünf Staubfäden zu erzeugen, — durch welche die kleinsten Theilchen der Körper, die man Atome nennt, gezwungen werden, sich nach einer bestimmten Richtung und Ordnung an einander zu legen und sich auf diese Weise zu einer regelmäßigen Form zu gestalten. Dies kann aber nur geschehen, wenn ein Körper flüssig oder luftförmig ist, weil nur in diesem Zustande eine freie Bewegung der Atome möglich ist. Dies kann ferner nur geschehen, wenn man den letzteren Zeit läßt zu dieser Bewegung; es werden daher die Krystalle immer um so regelmäßiger ausfallen, je langsamer sie entstehen. Von den prachtvollen Krystallen, die wir aus der Tiefe der Erde herausgraben, mögen viele wohl Tausende von Jahren zu ihrer Ausbildung gebraucht haben.

Fig. 23.



Gestörte Krystallisation.

51. Versuch. Die über den beim vorigen Versuche gewonnenen Salpeterkrystallen stehende Flüssigkeit dampfe man bei gelindem

Feuer so weit ein, bis sich auf ihrer Oberfläche ein Salzhäutchen zeigt, dann entferne man das Feuer und lasse die Auflösung unter stetem Umrühren mit einem Holzstäbchen erkalten. Man wird auf diese Weise keine ganzen Salpeterkrystalle, sondern Salpeterpulver erhalten. Gestörte Krystallisation.

Die erwähnte Flüssigkeit ist als eine kalt gesättigte Salpeterauflösung anzusehen und enthält ungefähr noch ½ Loth Salpeter aufgelöst. Wird von ihr durch Verdampfen so viel Wasser entfernt, daß die noch übrige Menge des letzteren nur eben noch hinreicht, um das halbe Loth Salpeter in der Hitze aufgelöst zu erhalten, so fangen sich auf der kühleren Oberfläche an Krystallchen auszuscheiden, und zwar in der Gestalt eines dünnen Häutchens (Salzhäutchen), welches also anzeigt, daß die Flüssigkeit wieder heiß gesättigt ist. Würde man die letztere jetzt ruhig erkalten lassen, so erhielte man abermals feste Krystalle (zweiter Anschuß); rührt man aber fortwährend um, so werden dieselben in dem Augenblicke, wo sie sich bilden, zerbrochen, und das Product ist bei langsamer Bewegung ein grobes, bei schneller Bewegung ein sehr feines Pulver. Man nennt dies eine gestörte Krystallisation. Ein anderes recht deutliches Beispiel dieser Art kommt beim Zucker vor; dieselbe Zuckerlösung, welche bei ruhigem Erkalten den Kandiszucker liefert, giebt durch gestörte Krystallisation den gewöhnlichen Hutzucker.

52. Versuch. Man schütte zu kochendem Wasser so viel Kochsalz, als sich darin auflöst, und lasse die Auflösung erkalten: es bilden sich keine Krystalle, weil das Kochsalz sich ebenso leicht und in ebenso großer Menge in kaltem Wasser löst als in heißem. Die Hälfte des Salzwassers dampfe man nun über einer Spirituslampe ein; die andere Hälfte aber stelle man an einen warmen Ort: man wird in dem ersten Falle unregelmäßige Salzkörner, in letzterem, aber erst nach einigen Tagen, regelmäßige kleine Salzwürfel erhalten. Krystallisation durch Abdampfung.

53. Versuch. Man löse einen Löffel voll Kochsalz und Salpeter in lauem Wasser auf und stelle die Auflösung an einen warmen Ort, damit das Wasser allmälig verdunste: die beiden Salze, welche Durcheinander-Krystallisiren.

Durcheinander-Krystallisiren.

in der Auflösung auf's Innigste mit einander vermischt sind, werden beim Krystallisiren sich wieder auf's Vollständigste von einander trennen. Der Salpeter scheidet sich in langen Säulen aus, und enthält keine Spur von Kochsalz; dieses krystallisirt in Würfeln, die ganz frei sind von Salpetertheilchen. Es fand also irgend eine Anziehung zwischen den Salz- und Salpetertheilchen nicht Statt, sondern es lagerten sich bei ihrer Abscheidung aus der Lösung durch das Verdunsten des Wassers nur die **gleichartigen** Salztheilchen in regelmäßiger Form an einander, gerade so als wenn nur eins dieser beiden Salze allein in dem Wasser gelöst gewesen wäre.

Chemisch gebundenes Wasser.

54. Das Wasser nimmt in unserem Himmelsstriche nur in der kalten Jahreszeit feste Gestalt an, und es ist bekannt genug, daß es im Schnee wie im Eise oft die regelmäßigsten Krystalle bildet. Wir finden es aber auch noch in fester Form in sehr vielen Körpern, in denen man es nicht vermuthen sollte; 1 Pfd. Eisenrost z. B. enthält ziemlich 6 Loth, 1 Pfd. gelöschter Kalk 8 Loth Wasser, und doch erscheinen beide ganz trocken. Dies Wasser heißt **chemisch gebunden**; es ist innig vereinigt mit anderen festen Stoffen, zu denen es Verwandtschaft hat. Solche Verbindungen fester Körper mit Wasser werden **Hydrate** genannt. Auch in Salzen wird es häufig angetroffen, wie man an dem bekannten Glaubersalze auf eine einfache Weise sehen kann.

**Versuch.** Man lege 1 Loth **krystallisirtes Glaubersalz** an einen warmen Ort: es wird bald seine Durchsichtigkeit verlieren und endlich zu einem weißen Pulver zerfallen (verwittern), welches kaum noch ½ Loth wiegt. Was verloren gegangen, war Wasser, und man bemerkt deutlich, daß dieses Wasser es zugleich war, welches dem Glaubersalze seine Krystallform und seine Durchsichtigkeit ertheilte; es entweicht und die Form verschwindet, und mit dieser zugleich die Durchsichtigkeit. Man nennt aus diesem Grunde das Wasser, welches die Krystallform vieler **Salze** bedingt, **Krystallwasser**. Salpeter und Kochsalz, auf gleiche Weise behandelt, verlieren nichts von ihrem Ge-

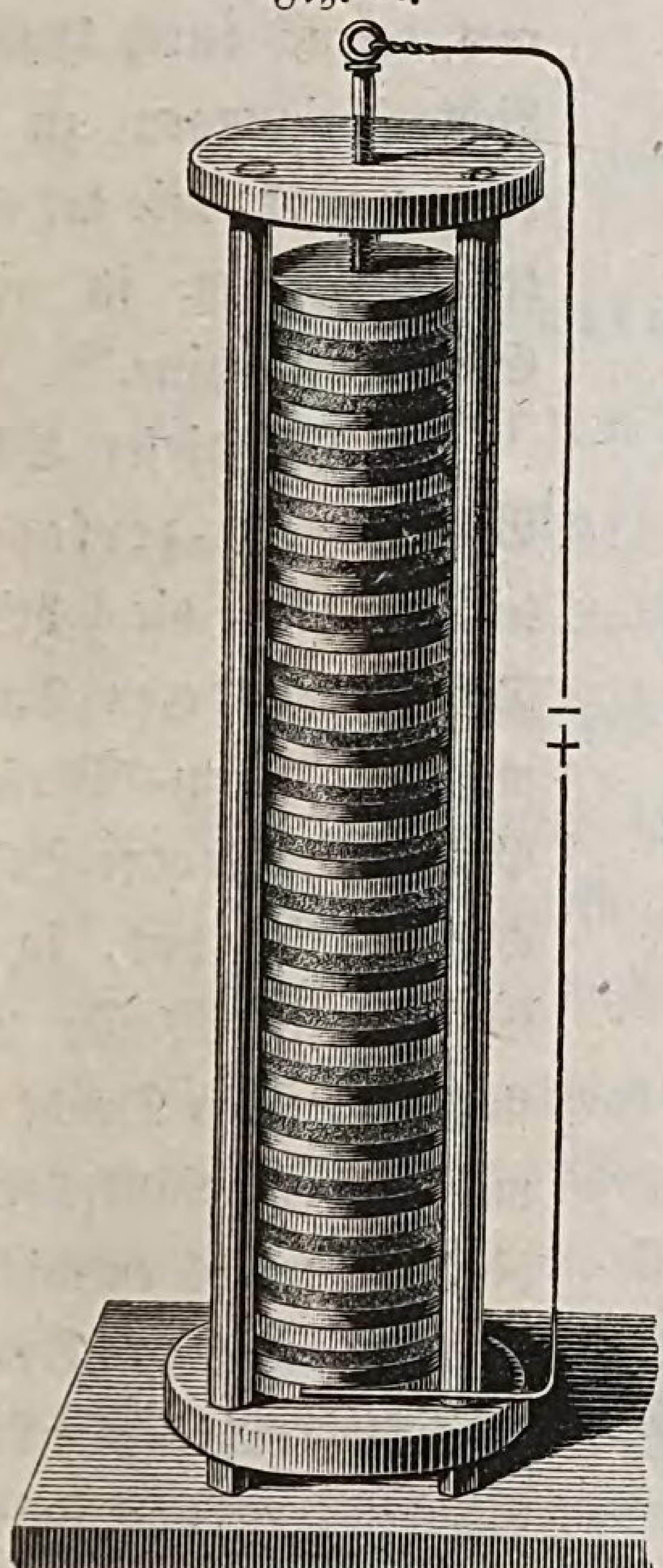
wichte und werden auch nicht undurchsichtig oder pulverig: sie enthalten kein chemisch gebundenes Wasser.

## Bestandtheile des Wassers.

— 1783 zuerst von Lavoisier nachgewiesen. —

55. Außer der Elektricität, die wir im Großen in der majestätischen Erscheinung des Blitzes bewundern, im Kleinen aber durch Reiben verschiedenartiger Körper an einander erzeugen, unterscheidet man noch eine zweite Art von Elektricität, welche man galvanische Kraft oder Galvanismus nennt. Diese ist für die Chemie von hoher Wichtigkeit geworden, weil man durch sie in den Stand gesetzt wurde, alle chemischen Verbindungen, welche den galvanischen Strom leiten, bis in ihre Grundbestandtheile oder chemischen Elemente zu zerlegen. Auch das Wasser wird durch die galvanische Kraft leicht in seine Elementarbestandtheile zersetzt. Man kann die galvanische Elektricität auf die mannigfachste Art hervorbringen, denn sie zeigt sich bei jeder chemischen Verbindung oder Zersetzung, ja oft genug schon da, wo sich ungleichartige Körper, mögen diese nun fest, flüssig oder luftförmig sein, berühren. Der bekannteste und älteste galvanische Apparat ist die Volta'sche Säule, bei welcher die Elektricität durch die Berührung zweier verschiedener Metalle, gewöhnlich durch Zink und Kupfer, erregt wird. Eine Zinkplatte mit einer Kupferplatte bedeckt, Galvanismus und Wasser.

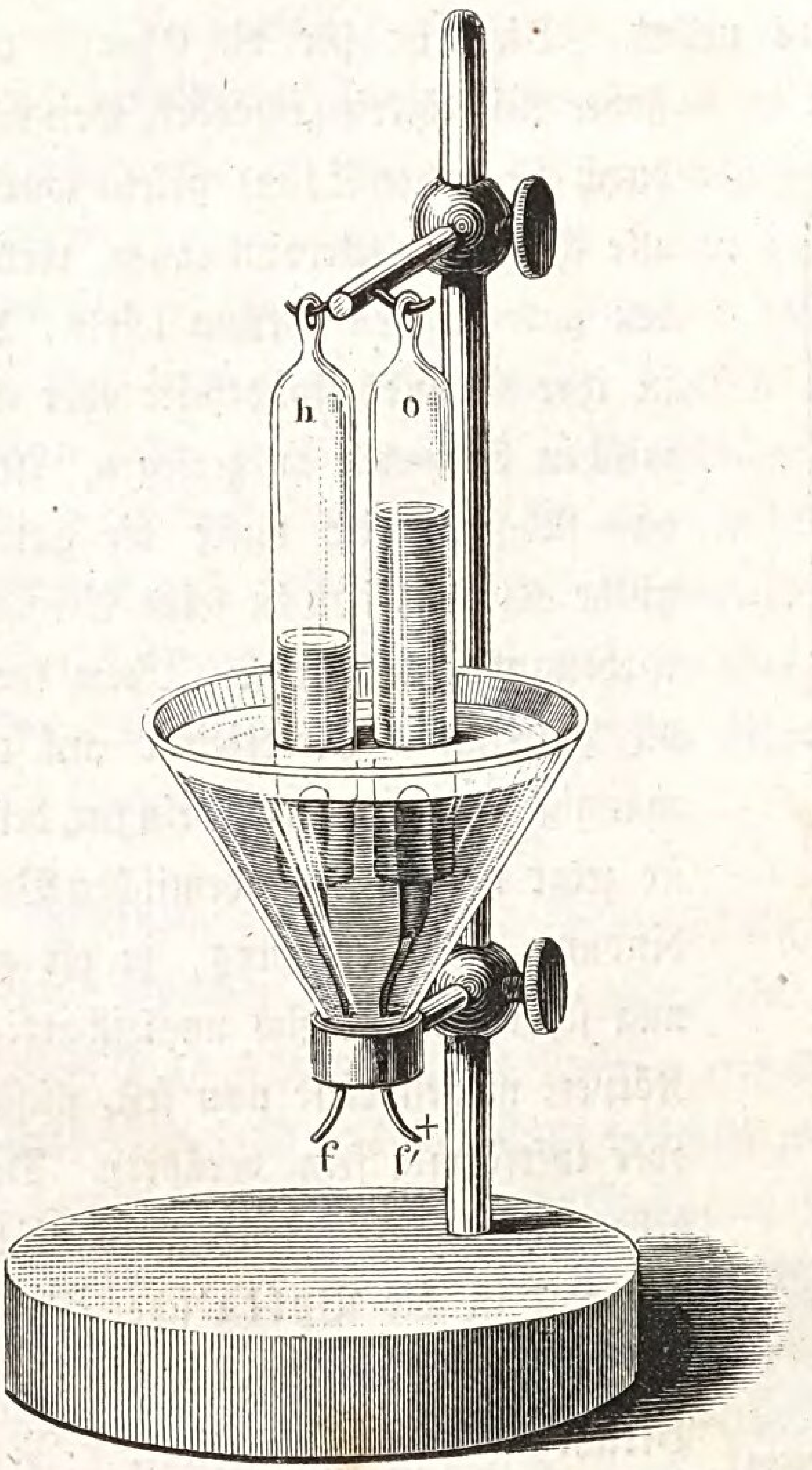
Fig. 24.



Galvanismus und Wasser.

heißt ein Plattenpaar; solcher Plattenpaare legt man eine große Menge über einander, zwischen jedes Paar aber eine mit Salzwasser angefeuchtete Tuchscheibe, so daß, wenn die Säule unten mit Zink anfängt, sie oben mit einer Kupferplatte schließt. Diese beiden Endplatten heißen die Pole (Zink- oder + Pol und Kupfer- oder — Pol); sie werden mit Metalldrähten versehen, um den elektrischen oder galvanischen Strom, welcher in der Säule entsteht, an beliebige Orte leiten zu können. Wenn die beiden Drähte einander bis auf eine sehr kleine Entfernung genähert werden, so sieht man Funken von dem einen Drahte zum anderen überspringen; dies ist ein Zeichen des galvanischen Stromes, der sich durch ähnliche Lichterscheinungen zu erkennen giebt, wie der elektrische Strom in einer Elektrisirmaschine.

Fig. 25.




Zersetzung des Wassers.

Um mit dieser Säule Wasser zu zersetzen, leitet man die beiden Drähte, an deren Enden man zu diesem Versuche Platin-Drähte oder -Blättchen befestigt hat, in ein Gefäß mit Wasser und stellt über jeden Draht ein mit Wasser gefülltes Probirgläschen; es entwickeln sich dann an beiden Drahtenden kleine Gas- oder Luftbläschen, welche in den Probirgläschen in die Höhe steigen und nach und nach das Wasser aus denselben herausdrängen. An dem vom Zink kommenden (+)

Drahte entwickelt sich nur halb so viel Gas als an dem anderen; das Gläschen wird also nur erst halb leer von Wasser sein, wenn das zweite schon ganz leer geworden ist. Diese Luftart bringt einen glimmenden Holzspahn wieder zum lebhaften Brennen mit Flamme: sie heißt Sauerstoffgas (O). Die vom Kupferende (—) aus- Bestandtheile des Wassers. gehende Luft löscht einen eingetauchten glimmenden Spahn aus, sie brennt aber selbst, wenn man eine Lichtflamme darüber hält: sie heißt Wasserstoffgas (H). Dies sind die Bestandtheile des Wassers. Wir sagen: das Wasser besteht aus 1 Maaß (Volumen) Sauerstoffgas und aus 2 Maaß Wasserstoffgas. Aus einem Maaß flüssigen Wassers würde man mehre Tausend Maaß von diesen zwei Luftarten erhalten, wenn man dasselbe in seine Bestandtheile zerlegte.

---

## Nichtmetalle oder Metalloide.

## Erste Gruppe: Organogene.

### Sauerstoff oder Oxygen (O).

(At.-Gew. = 100. — Spec. Gew. = 1,1.)

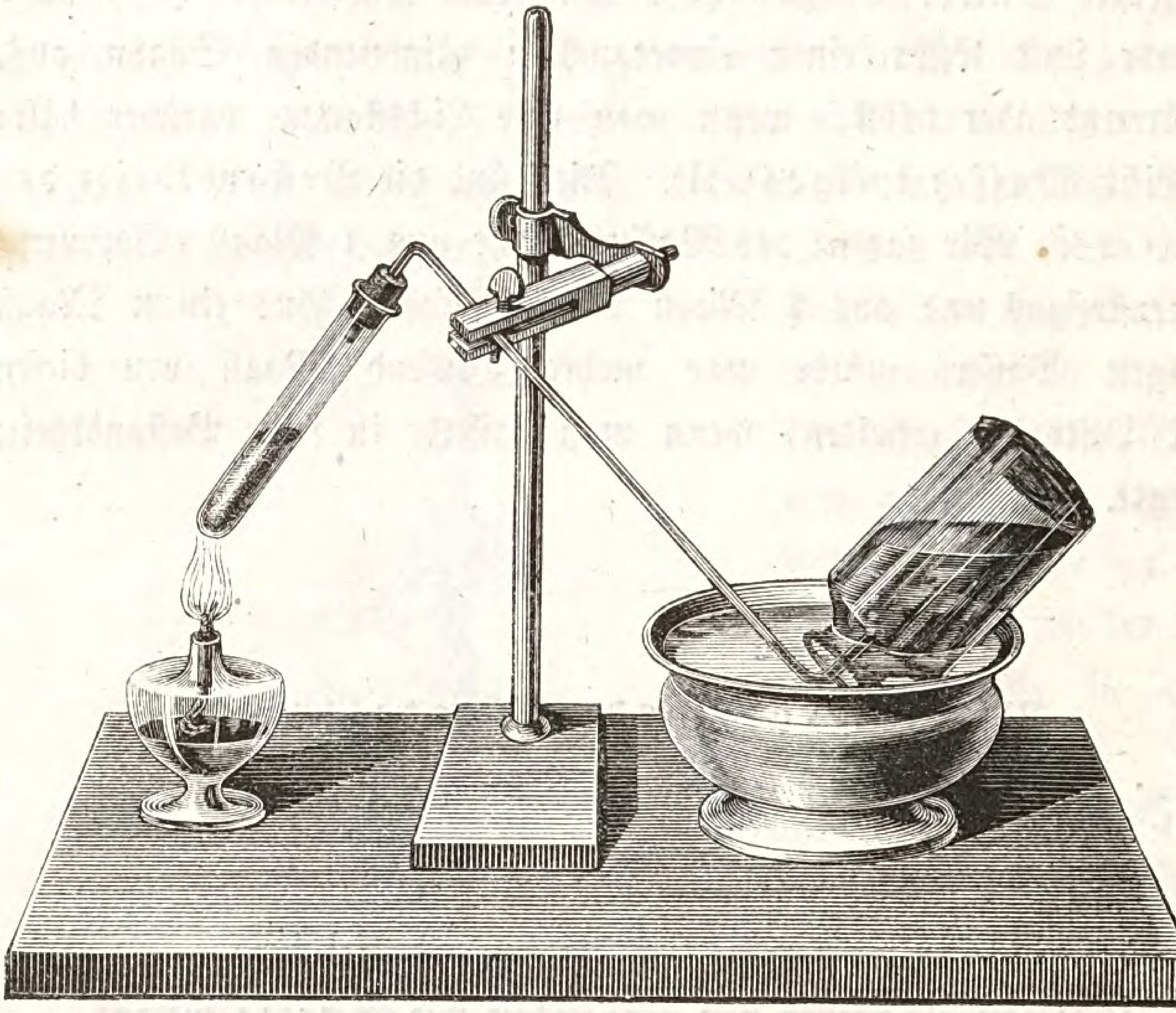
— 1774 fast gleichzeitig von Priestley und Scheele entdeckt. —

56. Aus dem Wasser läßt sich der Sauerstoff in größerer Menge nur durch sehr starke galvanische Apparate darstellen; auf eine einfachere Weise gewinnt man ihn folgendermaßen:

Versuch. In ein etwas langes, aber nicht zu dünnes Probir- Sauerstoff aus Quecksilberoxyd. gläschen schütte man 109 Gran rothes Quecksilberoxyd (unpräparirtes) und verschließe die Oeffnung mit einem Korke, durch welchen eine ∽förmig gebogene Glasröhre geht, deren anderes Ende in eine mit Wasser gefüllte Schüssel eintaucht. Man hängt die Glasröhre entweder mittelst eines Bindfadens oder Drahtes auf, oder spannt sie in einen Retortenhalter. Der Retortenhalter ist ein mit einer verschiebbaren Klemme versehenes Holzgestell, durch welches sich Glas-

gefäße auf die bequemste Weise festhalten lassen, wie dies die vorstehende Figur zeigt. Hierauf erhitzt man das Gläschen so lange, bis alles Quecksilberoxyd verschwunden ist Das rothe Pulver wird

Fig. 26.



bei steigender Hitze schwarz, während aus der Glasröhre Luftblasen aufsteigen, die man in einem darüber gehaltenen Gläschen auffängt. Dieses Gläschen wird zuvor mit Wasser gefüllt und dann umgedreht, nachdem man die Oeffnung mit dem Finger oder mit einer kleinen Glasscheibe verschlossen hat. Entfernt man den Finger erst, wenn das Gläschen in das Wasser der Schüssel eintaucht, so läuft nichts heraus; dies geschieht vielmehr erst dann, wenn Luftblasen in dasselbe treten, die ihrer größeren Leichtigkeit wegen in die Höhe steigen und das Wasser herausdrängen. Ist das Gläschen leer, so nimmt man es weg und verstopft es mit einem Korke; über die Glasröhre aber stürzt man ein zweites, ebenfalls vorher mit Wasser gefülltes Gläschen, ja wenn die Gasentwickelung noch fortdauert, noch ein drittes,

Auffangen von Gasen.

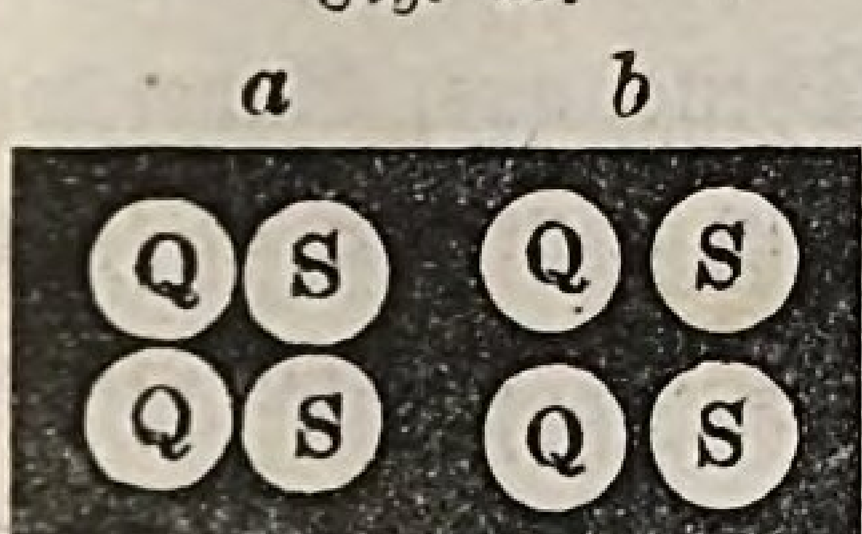
viertes u. s. w. Die zuerst erscheinenden Luftblasen bestehen aus der Luft des Probirgläschens, die durch die Wärme ausgedehnt wird; dann aber erscheint Sauerstoffgas, der eine Bestandtheil des Quecksilberoxydes, welches man leicht daran erkennt, daß ein nur glimmender Holzspahn darin mit lebhafter Flamme zu brennen anfängt. Gleichzeitig bildet sich in dem oberen Theile des Probirgläschens ein glänzender Metallspiegel; er besteht aus Quecksilber, dem zweiten Bestandtheile des Quecksilberoxydes. Ist das letztere gänzlich verschwunden, so zieht man die Röhre sogleich aus dem Wasser, läßt das Gefäß erkalten und kehrt das an den Wänden hängende Quecksilber mit der Fahne einer Feder zusammen: es wird dem Gewichte nach 101 Gran betragen; was an 109 fehlt, = 8 Gran, ist Sauerstoff gewesen. Das rothe Pulver bestand also aus einem glänzenden, schweren Metalle und aus einer Luftart, zwei einander so ganz unähnlichen Körpern. Vereinigt man beide auf geeignete Weise chemisch mit einander, so treten sie, und zwar genau in dem angegebenen Gewichtsverhältnisse, wieder zu rothem Oxyd zusammen, einem Körper, in dem die Eigenschaften des Quecksilbers, wie die des Sauerstoffs, auf's Vollständigste verschwunden sind

Bestandtheile des Quecksilberoxydes.

57. Dieser Versuch zeigt ferner, wie die Kraft der Wärme allein im Stande ist, eine chemische Verbindung, oder was dasselbe ist, die Verwandtschaft zweier Körper zu einander aufzuheben. Man kann sich dies so erklären: Die Kraft der chemischen Verwandtschaft wirkt nur in der größten Nähe, also nur dann, wenn die Körper sich auf's Innigste berühren; die Wärme wirkt dieser Kraft entgegen, denn sie dehnt die Körper aus und entfernt sonach die Theilchen derselben von einander. In der Kälte oder bei gewöhnlicher Temperatur liegen die einzelnen Quecksilber- und Sauerstofftheilchen einander so nahe, daß die chemische Kraft sie zusammenzuhalten vermag (*a*); in der Hitze aber werden sie so weit aus einander gerückt (*b*), daß sie aus dem Gebiete der chemischen Anziehung heraustreten und sich von einander

Wirkung der Wärme auf chemische Verbindungen.

Fig. 27.



trennen. Dies geschieht hier um so leichter, weil sowohl der Sauerstoff, wie das Quecksilber, in der Hitze ein großes Bestreben haben, luftförmig zu werden, ein Bestreben, welches der chemischen Kraft entgegenwirkt.

Eigenschaften des Sauerstoffs.

58. Die Flaschen, in denen sich der Sauerstoff befindet, scheinen leer zu sein, denn der Sauerstoff ist so farblos und unsichtbar wie die gewöhnliche Luft; ebenso wenig kommt demselben irgend ein Geschmack oder Geruch zu. Man nennt ihn auch Sauerstoffluft oder, was dasselbe sagen will, Sauerstoffgas.

Verbrennung in Sauerstoff.

Versuch. Man tauche einen glimmenden Holzspahn in die Flasche: er wird sich entzünden und einige Zeit mit großer Lebhaftigkeit und sehr blendender Flamme brennen, dann erlöschen. Dasselbe geschieht, wenn man ein Stückchen Feuerschwamm an einen Draht steckt, anzündet und in Sauerstoffgas hält: der Schwamm brennt mit lebhafter Flamme, während er bekanntlich in gewöhnlicher Luft nur glimmt. Das Sauerstoffgas besitzt zu den Bestandtheilen des Holzes und Schwammes in höherer Temperatur eine sehr starke Verwandtschaft, d. h. es verbindet sich mit großer Energie mit denselben, und dabei entwickelt sich, in Folge dieser Verbindung, Wärme und Licht. Ist die Vereinigung erfolgt und der Sauerstoff verzehrt, so hört das Brennen auf. Das Product der Verbrennung, das verbrannte, d. h. mit Sauerstoff verbundene Holz, ist auch luftförmig, in dieser Luftart erlöschen aber brennende Körper. Schwenkt man das Glas einige Male schnell durch die Luft, so gehen die durch die Verbrennung gebildeten Luftarten heraus und atmosphärische Luft tritt dafür ein; in dieser befindet sich freier Sauerstoff und ein brennender Holzspahn kann jetzt wieder einige Zeit darin brennen. Er brennt, aber ungleich langsamer und weniger hell als in reinem Sauerstoff, weil die gewöhnliche Luft nur zum fünften Theile aus Sauerstoff besteht. Diesemnach müssen die Verbrennungen in reinem Sauerstoff ungefähr 5mal schneller und heftiger stattfinden als in der atmosphärischen Luft.

59. **Versuch.** Um sich eine größere Menge von Sauerstoffgas darzustellen, nehme man 100 Gran chlorsaures Kali und erhitze es auf dieselbe Weise, wie es bei dem vorigen Versuche angegeben worden ist: das Salz wird bald schmelzen und dann kochen. Sowie das Kochen beginnt, wird die Flamme etwas kleiner gemacht, damit die Masse nicht zu hoch aufschäume. Sollte sich zuletzt, wo die Flüssigkeit dicker wird, etwas von derselben an dem oberen, kälteren Theile des Probirgläschens festsetzen, so nähert man die Flamme der Lampe dieser Stelle, bis die angebackene Masse wieder heruntergeschmolzen ist. Das sich entwickelnde Gas wird in mit Wasser gefüllten 12-Unzengläsern so aufgefangen, daß etwa ein Paar Theelöffel Wasser in jedem Glase zurück bleiben. Ist die Gasentwicklung zu Ende, so zieht man die Röhre schnell aus dem Wasser. Vermengt man das chlorsaure Kali, durch bloßes Zusammenreiben mit den Fingern auf einem Blatt Papier, mit seinem gleichen Gewicht Braunstein, so wird die Gasentwickelung außerordentlich beschleunigt. Sauerstoff aus chlorsaurem Kali.

60. Beim Auffangen von Gasarten würde es beschwerlich sein, die zur Aufnahme derselben bestimmten Gläser immer mit den Händen festzuhalten; diese Unbequemlichkeit wird durch folgende Vorrichtung vermieden. Man schlage sich aus einem Dachziegel eine Platte, einige Zoll breit und so lang, daß sie, wenn man sie in eine Schüssel legt, auf den schrägen Wänden derselben ungefähr in der Mitte fest aufliegt; in der Mitte der Platte bohrt man ein Loch ein, was sich mit der Spitze eines gewöhnlichen Maurerhammers sehr leicht bewerkstelligen läßt. Statt des Ziegelstücks kann auch ein Blechstreif angewendet werden, in welchem ein kleines kreisförmiges Loch eingeschnitten ist. Beim Ge- Pneumatische Wanne.

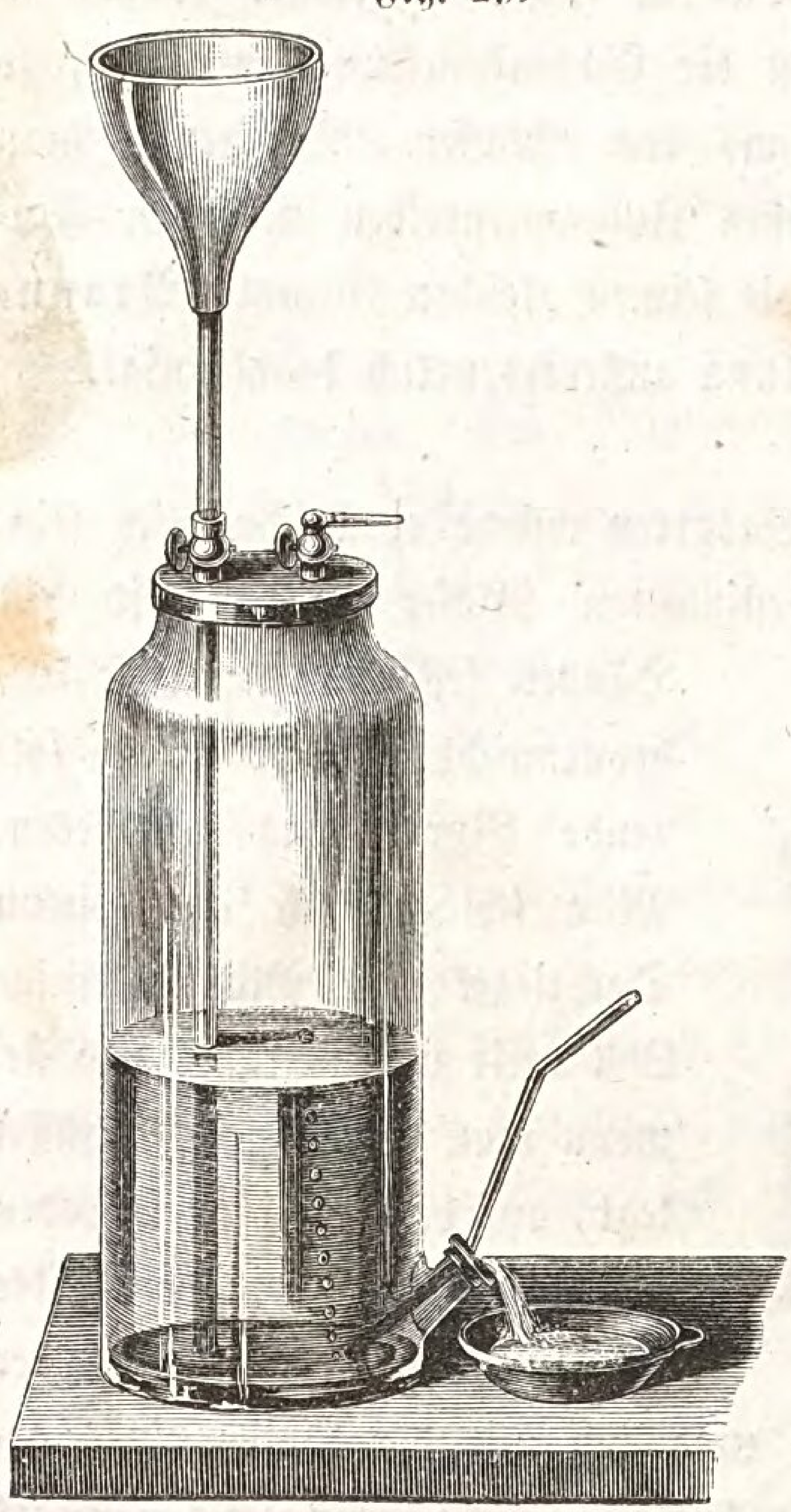
Fig. 28.



Pneumatische Wanne. brauche legt man diese Platte (die Brücke) in die Schüssel, gießt so viel Wasser in die letztere, daß es einen Querfinger hoch über der Brücke steht, und stellt dann auf diese das zum Auffangen des Gases bestimmte Glas verkehrt auf, so daß dessen Mündung gerade auf die Oeffnung paßt. Die Glasröhre, aus welcher das Gas kommt, muß sich gerade darunter befinden, damit das Gas, wie durch einen Trichter, in's Glas treten kann. Eine solche Vorrichtung heißt eine pneumatische Wanne.

Gasometer. 61. Um größere Mengen von Gasarten aufzusammeln und aufzubewahren, und um bequem damit zu experimentiren, hat man in den

Fig. 29.



chemischen Laboratorien besondere Gefäße, die Gasometer genannt werden. In der beistehenden Figur ist ein solcher Apparat abgebildet, wie er eben mit Gas angefüllt wird. Zu dem Ende füllt man ihn erst mit Wasser, schließt dann die beiden Hähne und öffnet den unteren Ansatz, aus dem natürlich, da oben kein Luftdruck auf das Wasser stattfindet, nichts herausläuft. In diese untere Oeffnung bringt man nun die mit dem Gasentwickelungsapparat verbundene Röhre und das Gas steigt in die Höhe und drängt das Wasser unten heraus. Ist der Gasometer auf diese Weise mit Gas gefüllt, so verschließt man die untere Oeffnung gleichfalls. Zum Herauslassen des Gases

dient der kleine obere Röhrenansatz. Oeffnet man den hier befindlichen Hahn, und gleichzeitig den an dem Trichter vorhandenen, so fließt, wenn der letztere mit Wasser gefüllt ist, das Wasser bis zu dem Boden des Gefäßes und drängt das Gas als einen Strahl oben zu der kurzen Röhre heraus. Statt von Glas, wie hier, stellt man sich größere Gasometer auch aus Blech, am besten aus Kupferblech dar, die eine ähnliche Einrichtung haben. Gasometer.

62. Das chlorsaure Kali enthält in 100 Granen ungefähr 40 Gran Sauerstoff chemisch gebunden; diese werden durch Erhitzung frei und entweichen. Im Quecksilberoxyd sind nur etwa 8 Proc. Sauerstoff enthalten; man wird also aus dem ersteren Salze 5mal mehr Sauerstoff bekommen als aus dem Quecksilberoxyd. Wählt man sogenannte 12-Unzengläser zum Auffangen des Gases, so wird man deren, beim Versuch 59, 5 Stück füllen können und in jedem ungefähr 8 Gran oder ziemlich 30 Cubikzolle Sauerstoff haben. Quantität des gewonnenen Sauerstoffes.

Das chlorsaure Kali kann unter Umständen, namentlich dann, wenn es stark gerieben wird, oder mit Schwefelsäure zusammenkommt, sehr gefährliche Explosionen veranlassen; bei dem eben angegebenen Gebrauche desselben ist aber irgend eine Gefahr nicht zu befürchten. Welche weitere Veränderung dieses Salz durch die Erhitzung erfährt, zeigt der folgende Versuch.

**Versuch.** Auf die nach der Austreibung des Sauerstoffs in dem Probirgläschen gebliebene Salzmasse wird warmes Wasser gegossen und das Gläschen an einen warmen Ort gestellt, bis sich Alles aufgelöst hat; läßt man diese Auflösung auf einem Ofen allmälig verdunsten, so werden sich aus derselben kleine würfelförmige Krystalle absetzen (Chlorkalium). Das chlorsaure Kali krystallisirt in dünnen Tafeln oder Blättchen, das geglühte in Würfeln; diese Verschiedenheit der Krystallform allein zeigt schon an, daß durch die Erhitzung des ersteren ein ganz anderes, neues Salz entstanden ist, und zwar ein Salz, welches keinen Sauerstoff mehr enthält. Das nachstehende Schema wird diese Zersetzung verdeutlichen. Veränderung des chlorsauren Kalis.

Das chlorsaure Kali besteht aus:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Chlorsäure | Sauerstoff | → | Sauerstoff (entweicht). |
| und | Chlor | ↘ | |
| Kali | Sauerstoff | ↗ | Chlorkalium (bleibt zurück). |
| | Kalium | ↗ | |

## Versuche mit Sauerstoffgas

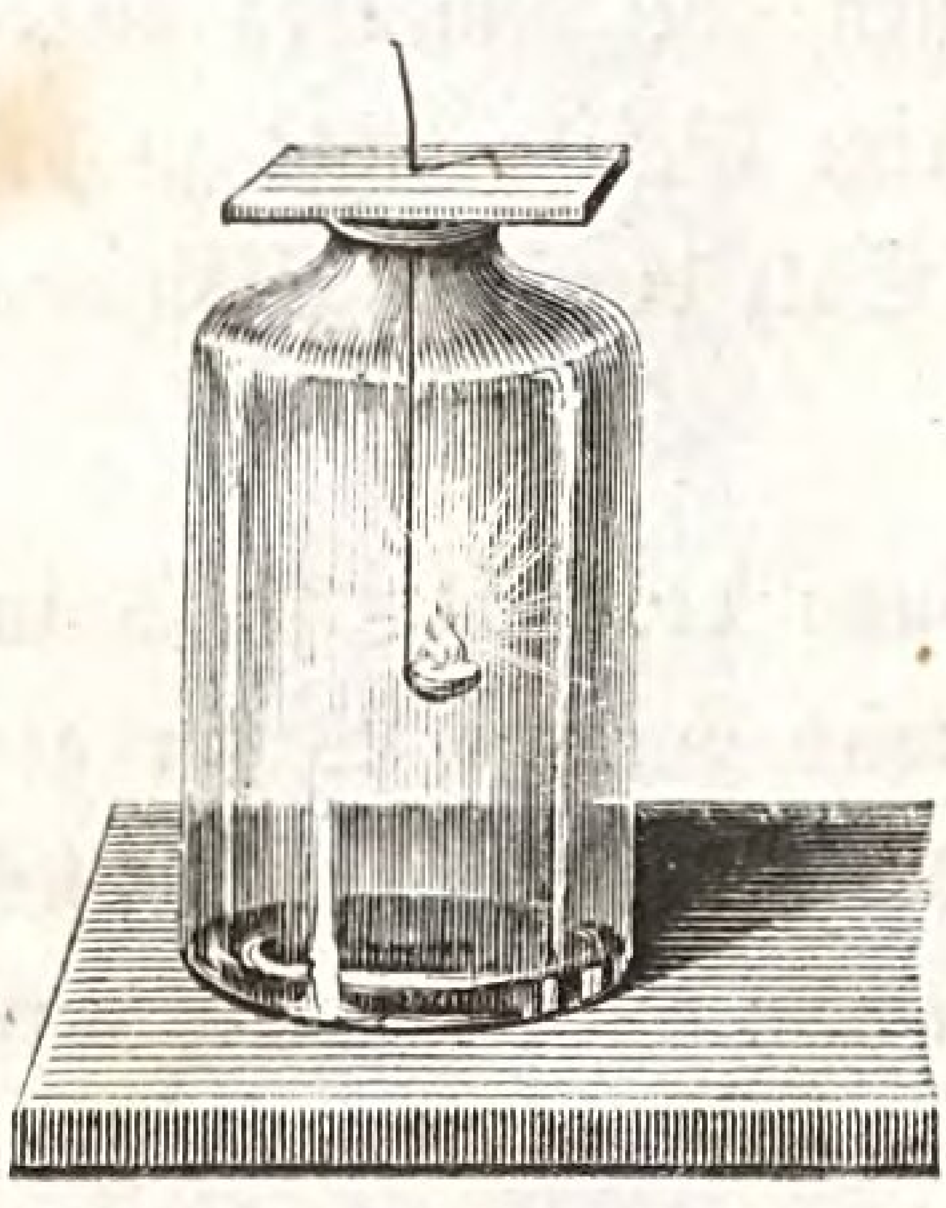
Verbrennung von Kohle in Sauerstoff.

63. **Versuch** a. Man stecke ein Stückchen Holzkohle an einen Draht, halte es in ein Licht, bis es glüht, und tauche es dann in das Glas ein; die Kohle wird sehr lebhaft und mit Flamme verbrennen. Ein Stückchen angefeuchtetes blaues Lackmuspapier (48.), nach dem Verbrennen in die Flasche gehalten, wird roth; es hat sich also aus Kohle und Sauerstoff eine saure Luftart gebildet; sie heißt Kohlensäure. Man verstopft die Flasche, schüttelt sie einige Male um und stellt sie bei Seite.

Verbrennung von Schwefel in Sauerstoff

64. **Versuch** b. An ein längeres Drahtstück werden einige Schwefelfäden befestigt, angezündet und in das zweite Glas gehalten: sie verbrennen mit einer schön blauen Flamme. Die Luftart, welche sich aus Schwefel und Sauerstoff bildet, hat einen sehr stechenden Geruch, sie röthet gleichfalls Lackmuspapier, ist also auch saurer Natur; man nennt sie schweflige Säure. Auch dieses Glas wird verstopft und zu weiteren Versuchen aufgehoben.

Fig. 30.

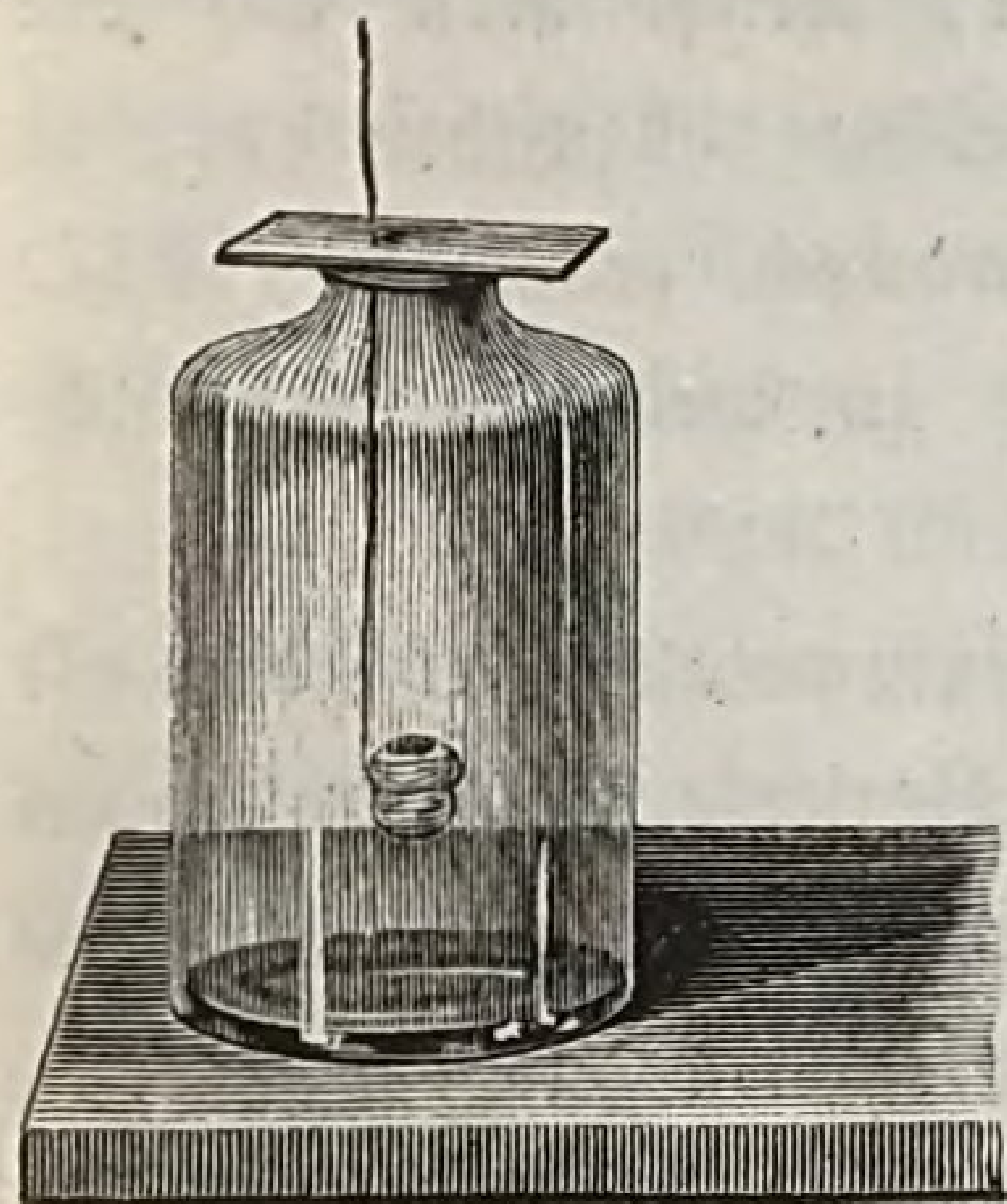


Verbrennung von Phosphor in Sauerstoff.

65. **Versuch** c. Ein erbsengroßes Stückchen Phosphor, welches seiner Leichtentzündlichkeit wegen unter Wasser von einer Phosphorstange abgeschnitten wird, legt man, nachdem es zuvor durch aufgedrücktes Löschpapier gut abgetrocknet worden ist, in ein ausgehöhltes Stück Kreide, befestigt um letzteres einen Draht und senkt

es in die dritte Flasche von Sauerstoff ein. Den Draht klemmt man oben so in ein Querholz, daß der Kreidelöffel ein wenig unter die Hälfte der Flasche zu hängen kommt. Wird der Phosphor nun mit einem in einer Lichtflamme erhitzten Drahte berührt, so entzündet er sich und verbrennt mit einem außerordentlichen Lichtglanze, während die Flasche sich mit einem dichten, weißen Rauche anfüllt. Dieser Rauch besteht aus mit Sauerstoff chemisch verbundenem Phosphor; er macht blaues Probirpapier roth, ist also auch eine Säure; sie heißt Phosphorsäure. Läßt man das Glas einige Zeit ruhig stehen, so setzt sich der Rauch zu Boden, d. h. er löst sich in dem im Glase hängen gebliebenen Wasser auf, und dieses erlangt dadurch einen sauren Geschmack. Verbrennung von Posphor in Sauerstoff.

Fig. 31.

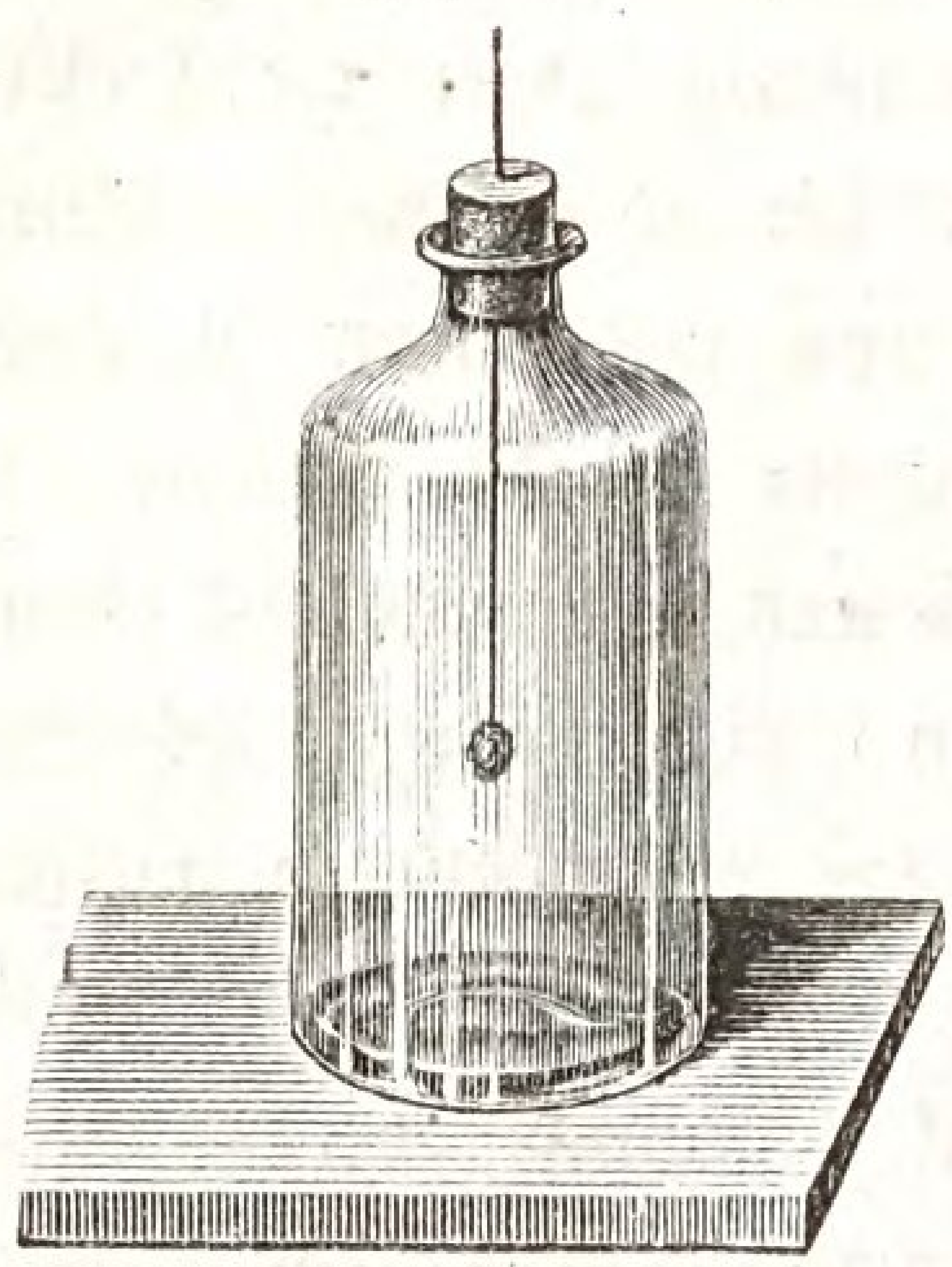


66. Aehnlich wie die geschmacklose Kohle und der geschmacklose Schwefel und Phosphor durch ihre Vereinigung mit dem Sauerstoff saure Eigenschaften erhalten, werden noch viele andere einfache Körper durch den Sauerstoff zu Säuren; dies der Grund, warum man ihm den Namen Sauerstoff gegeben hat. Häufig benennt man ihn auch mit dem griechischen Namen Oxygen (Säureerzeuger). Hievon sind die zwei so häufig vorkommenden Worte Oxydiren und Oxyd gebildet. Oxydiren heißt: mit Sauerstoff verbinden, verbrennen; Oxyd ist das Product der Verbindung und bedeutet einen verbrannten, d. h. einen mit Sauerstoff verbundenen Körper. Die eben gedachten Säuren können daher auch saure Oxyde genannt werden. Säuren.

67. Versuch d. Man drücke ein Stück Natriummetall fest an einen Draht und lasse es einige Stunden in einem mit Sauerstoff gefüllten Glase hängen: es verwandelt sich in eine weiße Masse, welche leicht im Wasser zergeht. Die entstandene Auflösung schmeckt laugenhaft oder alkalisch, ähnlich wie das Kalkwasser; blaues Natrium und Sauerstoff.

Natrium und Sauerstoff. Probirpapier ändert seine Farbe darin nicht, wohl aber wird rothes

Fig. 32.

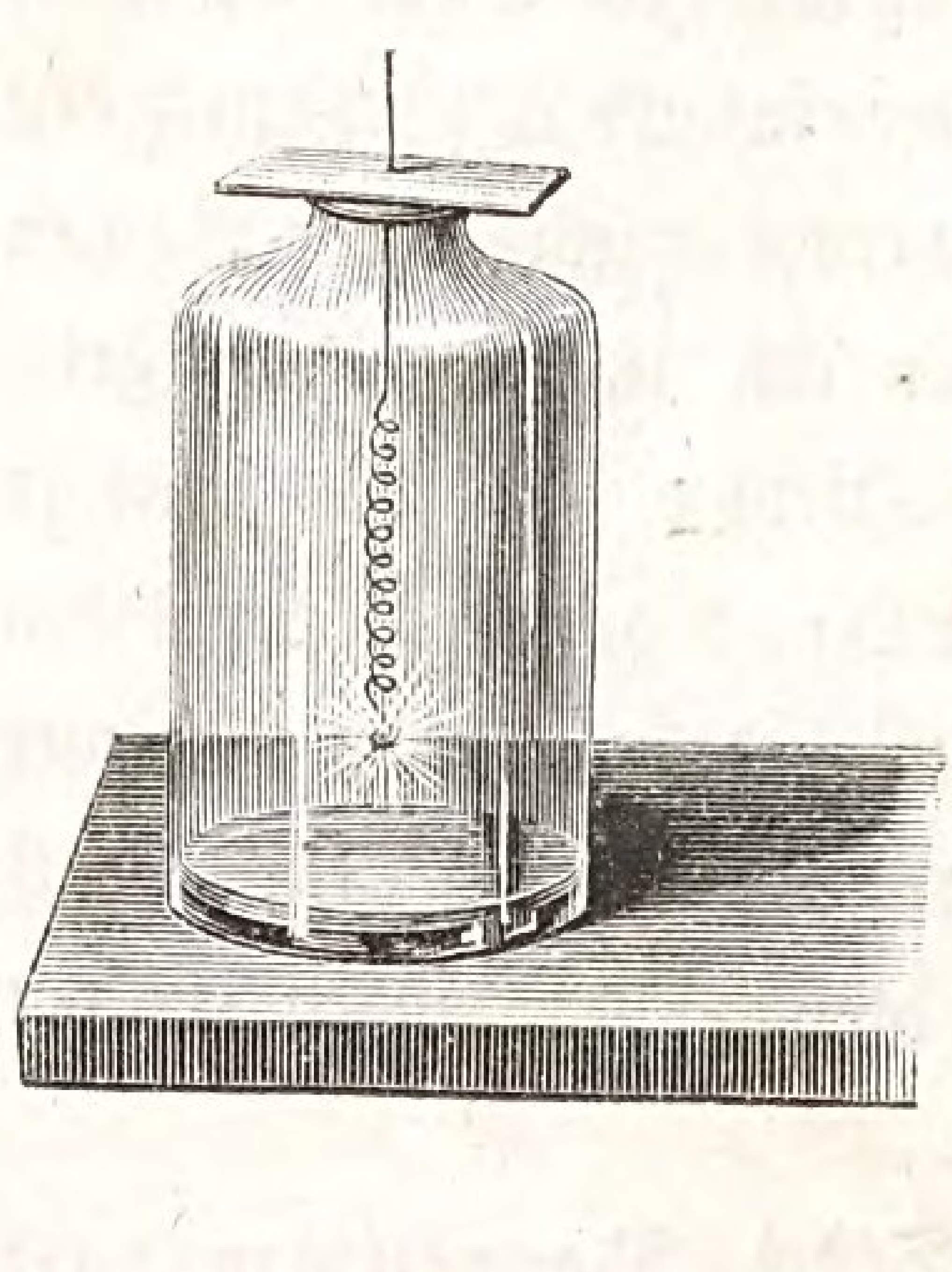


Papier dadurch blau; es ist eine Verbindung entstanden, welche man als den Gegensatz von Säure anzusehen hat; sie wird Natriumoxyd genannt. Man bewahrt sie auch zu weiterem Gebrauche auf.

Das Natriummetall hat eine so außerordentliche Begierde, sich mit Sauerstoff zu verbinden, daß es ihn, wenn es an der Luft liegt, schnell aus der letzteren anzieht; man bewahrt es daher, um es unverändert zu erhalten, in einer Flüssigkeit auf, in welcher sich kein Sauerstoff befindet. Eine solche Flüssigkeit ist das bekannte Stein- oder Peteröl.

Eisen und Sauerstoff. 68. Versuch e. Ein Stück dünner Eisendraht wird so um einen Schieferstift oder ein Holzstäbchen gewickelt, daß der Draht nach dem Herausziehen des Stiftes einen hohlen Schraubengang bildet. Das obere Stück dieser Spirale klemmt man, wie bei Versuch c, in ein Querholz, an das untere Ende desselben aber steckt man ein kleines Stückchen Feuerschwamm. Ist der Schwamm angezündet, so taucht man den Draht in den Sauerstoff ein: die durch das Verbrennen des Schwammes entwickelte Hitze macht den Draht glühend und derselbe verbrennt nun unter lebhaftem Funkensprühen, weil das Eisen in der Glühhitze im Stande ist, sich mit dem Sauerstoff zu verbinden Das verbrannte oder oxydirte Eisen (Hammerschlag) schmilzt, und die herabfallenden Kugeln davon sind so heiß, daß sie durch das am Boden des Gefäßes befindliche Wasser hindurch noch in das Glas

Fig. 33



einschmelzen; diese Hitze ist, wie in den vorhergehenden Fällen, eine Folge der eingetretenen chemischen Verbindung. Das Eisenoxyd ist unlöslich in Wasser, und aus diesem Grunde wirkt es weder auf das blaue, noch auf das rothe Probirpapier; wäre es auflöslich, so würde es sich wie das Natriumoxyd verhalten, nämlich das rothe Papier in blaues umwandeln.

69. Man nennt solche Sauerstoffverbindungen, welche nicht sauer sind, sondern mit dem Natriumoxyd oder dem Eisenoxyd in ihren Eigenschaften übereinstimmen: Basen oder basische Oxyde. Von den Verbindungen der Metalle mit dem Sauerstoff gehören die meisten zu den Basen. Basen.

70. Durch die beschriebenen Oxydations-Versuche wird leicht die Frage angeregt werden: wie viel haben die in jedem Glase befindlichen 8 Gran Sauerstoff von der Kohle, dem Schwefel u. s. w. aufgenommen? Die Antwort darauf ist: sie haben sehr verschiedene Mengen aufgenommen. Gesetzmäßigkeit bei chemischen Verbindungen.

Es haben sich nämlich verbunden:

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Gr. | Sauerstoff mit | 3 | Gr. | Kohle | zu 11 | Gr. | Kohlensäure, |
| 8 | » | » » | 8 | » | Schwefel | » 16 | » | schwefliger Säure, |
| 8 | » | » » | $6^1/_5$ | » | Phosphor | » $14^1/_5$ | » | Phosphorsäure, |
| 8 | » | » » | 23 | » | Natrium | » 31 | » | Natriumoxyd, |
| 8 | » | » » | 20 | » | Eisen | » 28 | » | Eisenoxydoxydul. |

8 Gr. Sauerstoff sind im Wasser verbunden mit 1 Gr. Wasserstoff zu 9 Gran Wasserstoffoxyd (Wasser).

Man kann sich Kohlensäure auf ganz anderen und sehr verschiedenen Wegen darstellen, immer aber ist sie so zusammengesetzt, daß darin auf 8 Gran Sauerstoff 3 Gran Kohle kommen, und dieselbe Regelmäßigkeit finden wir bei den übrigen genannten, ja bei allen chemischen Verbindungen. Es ist ein Naturgesetz: Die chemischen Verbindungen erfolgen immer nach ganz bestimmtem, unveränderlichem Maaß und Gewicht. Die Lehre von dieser Gesetzmäßigkeit heißt Stöchiometrie (von stöchion — Element, und metrie — Meßkunst.)

Neutralisiren. 71. **Versuch.** Die Flüssigkeit in dem Gefäße *c* machte blaues Probirpapier roth und schmeckte sauer, die Flüssigkeit im Glase *d* dagegen bläute rothes Papier und schmeckte laugenhaft. Man gieße die letztere nach und nach, zuletzt nur tropfenweise, zur ersteren und probire das Gemisch öfters durch Eintauchen eines Streifens von blauem und rothem Probirpapier: es wird ein Zeitpunkt eintreten, wo die Farben dieser beiden Papiere nicht mehr verändert werden Kostet man jetzt die Flüssigkeit, so bemerkt man nichts mehr von dem sauren, nichts mehr von dem laugenhaften Geschmacke, sondern das Gemisch schmeckt schwach salzig; man nennt es *neutral*. Die Phosphorsäure hat sich mit dem Natriumoxyd chemisch verbunden und dabei ist ein neuer Körper entstanden, der mit den Körpern, aus denen er zusammengesetzt wurde, keine Aehnlichkeit mehr hat. Um ihn genauer zu erkennen, braucht man nur die Flasche an einem warmen Orte so lange stehen zu lassen, bis das Wasser verdampft ist: er bleibt dann in kleinen Krystallen zurück. Man nennt eine solche Verbindung, die aus einer
Salz. Säure und einer Basis besteht, ein *Salz*. Das hier erhaltene Salz,
Ein lösliches Salz. phosphorsaures Natriumoxyd, heißt ein *lösliches*, weil es in hinzugegossenem Wasser wieder zu einer durchsichtigen Flüssigkeit zergeht.

Ein unlösliches Salz. 72. **Versuch.** In das Glas, welches das bei dem Versuche 63. gebildete *kohlensaure Gas* enthält, gieße man etwas *Kalkwasser* (46.) und schüttele um: die Flüssigkeit wird milchig werden und bei ruhigem Stehen ein weißes Pulver fallen lassen. Der Kalk in dem Kalkwasser ist eine Basis, wie das Natriumoxyd; er verbindet sich mit der Kohlensäure, und zwar ebenfalls unter Neutralisation der sauren und basischen Eigenschaften; das gebildete Salz (kohlensaurer Kalk oder künstliche Kreide) ist aber *unlöslich* im Wasser und sondert sich daher aus Daß hiebei die kohlensaure Luft verschwindet und zu einem festen Körper verdichtet wird, zeigt das Angezogenwerden des Fingers, mit dem man die Oeffnung des Glases während des Schüttelns verschließt, sowie das Einströmen von Luft nach dem Entfernen des Fingers.

73. **Versuch.** Ganz ähnliche Erscheinungen treten auf, wenn man Kalkwasser in die Flasche vom Versuche 64. gießt; der stechende Geruch der darin enthaltenen schwefligen Säure verschwindet, weil die letztere sich mit dem Kalk verbindet. Das gebildete Salz (schwefligsaurer Kalk) ist sehr schwerlöslich in Wasser. Ein schwerlösliches Salz.

74. **Versuch.** In das Glas vom Versuche 68. gieße man nach und nach ein Quentchen von der allgemein bekannten Schwefelsäure: sie wird sich unter Erwärmung mit dem Wasser mischen und bei längerem Stehen und öfterem Umschütteln sowohl das an den Wänden hängende braune Eisenoxyd, als das am Boden befindliche schwarze Eisenoxyduloxyd auflösen. Auch hiebei entsteht ein Salz, indem sich die Basis (Eisenoxyd) mit der Säure chemisch vereinigt; die gelbliche Flüssigkeit hält ein Eisensalz aufgelöst. Eisensalz.

75. Oxydationsstufen. Der Sauerstoff ist eine Universalspeise für alle Elemente; er wird von allen verzehrt und zwar, wie schon erwähnt, in bestimmten Rationen oder Mengen. Der Appetit eines Elementes zum Sauerstoff ist aber oft verschieden nach den Umständen, unter welchen man ihm den letzteren darbietet; in der Hitze z. B. größer als in der Kälte, größer bei Ueberfluß an Sauerstoff als wenn sich nur wenig davon vorfindet ꝛc. Einer neuen Entdeckung zufolge erlangt der Sauerstoff dadurch, daß er mit feuchtem Phosphor eine Zeitlang in Berührung bleibt, oder durch Elektrisiren, eine überaus große Neigung, sich mit anderen Körpern zu verbinden. Man hat diesem »chemisch erregten« Sauerstoff, dessen Natur noch nicht genau ermittelt ist, vorläufig den Namen Ozon gegeben. Viele Elemente verzehren in hoher Temperatur eine größere Menge von Sauerstoff als bei niedrigen Wärmegraden, und bei reichlich vorhandenem Sauerstoff mehr, als bei Mangel daran. Dieses Mehr oder Weniger ist aber keineswegs beliebig, sondern gleichfalls durch bestimmte Gesetze vorgeschrieben. Man nennt diese verschiedenen Verbindungs-Verhältnisse eines Körpers mit dem Sauerstoff seine Oxydationsstufen.

Oxydationsstufen.

Ozon.

Oxydationsstufen der Säuren.

76. Schwefel verbindet sich mit Sauerstoff zu **schwefliger Säure**, wenn er im Sauerstoffgase oder an der Luft verbrennt; er läßt sich aber auch noch mit ½mal mehr Sauerstoff verbinden und liefert dann die bekannte **Schwefelsäure**.

Phosphor bildet mit Sauerstoff **Phosphorsäure**, wenn er mit Flamme verbrennt; läßt man ihn aber ohne Erwärmung an der Luft liegen, oder bei sehr geringem Zutritt von Luft langsam verbrennen, so bildet sich daraus vorzugsweise **phosphorige Säure**, welche nur ³⁄₅ so viel Sauerstoff enthält, als die Phosphorsäure.

Unter Schwefelsäure und Phosphorsäure versteht man sonach Verbindungen mit **mehr** Sauerstoff, unter schwefliger und phosphoriger Säure dagegen Verbindungen mit **weniger** Sauerstoff. Giebt ein Element mehr als zwei Säuren mit dem Sauerstoff, so setzt man aus den Namen der **Säuren** und den Sylben »**Ueber**« und »**Unter**« neue Namen zusammen, z. B. Ueberchlorsäure, Unterschwefelsäure, unterschweflige Säure ꝛc.

Oxydationsstufen der Basen.

77. Außer dem rothen Quecksilberoxyde (56.) giebt es noch eine Verbindung von Quecksilber mit Sauerstoff, welche schwarz aussieht und nur halb so viel Sauerstoff enthält als das Oxyd; sie wird **Quecksilberoxydul** genannt. Ebenso giebt das Eisen mit Sauerstoff zwei Verbindungen: eine braunrothe mit mehr Sauerstoff (Eisenoxyd), und eine schwarze mit ⅔ so viel Sauerstoff (Eisenoxydul).

**Oxyd** nennt man hiernach die Verbindung eines Metalles mit einer größeren Menge Sauerstoff, **Oxydul** die Verbindung mit einer geringeren Menge Sauerstoff. Manche Metalle haben die Fähigkeit, sich in mehr als zwei Verhältnissen mit dem Sauerstoff zu verbinden; man benennt in diesem Falle die Verbindung mit noch weniger Sauerstoff als im Oxydul, **Suboxyd**, die aber mit noch mehr Sauerstoff als im Oxyd, **Super- oder Ueberoxyd**. Beide verhalten sich nicht als Basen, d. h. sie können sich nicht direct mit Säuren zu Salzen verbinden; wohl aber ist dies dann möglich, wenn die Suboxyde soviel Sauerstoff aufnehmen, die Superoxyde aber soviel davon abgeben, daß daraus in dem einen wie in dem anderen Falle Oxyde

78

oder Oxydule entstehen. Von einigen Metallen besitzen die höchsten Oxydationsstufen nicht mehr basische, sondern im Gegentheil saure Eigenschaften (Metallsäuren).

78. Vergleicht man die verschiedenen Mengen von Sauerstoff, die ein und derselbe Körper aufnehmen kann, mit einander, so findet man zwischen ihnen immer ein sehr einfaches Verhältniß, z. B.: Sauerstoffmenge in den Oxyden.

bei schwefliger Säure und Schwefelsäure wie 2 zu 3;
» phosphoriger Säure und Phosphorsäure » 3 zu 5;
» Quecksilberoxydul und Oxyd » 1 zu 2;
» Eisenoxydul und Oxyd » 2 zu 3.

Eine ähnliche Einfachheit und Gesetzmäßigkeit kommt bei allen übrigen chemischen Verbindungen vor.

79. Die Ueberoxyde geben leicht einen Theil ihres Sauerstoffs ab, wenn man sie allein oder mit gewissen Säuren erhitzt, man kann sie daher zur Gewinnung von Sauerstoff benutzen. Das bekannteste und in der Natur häufig vorkommende Ueberoxyd ist der zum Braunfärben der Töpferglasur allgemein gebräuchliche Braunstein, eine Verbindung des Metalles Mangan mit Sauerstoff. Aus diesem stellt man sich das Sauerstoffgas gewöhnlich im Großen dar, indem man ihn in eine eiserne Flasche bringt und bis zum Glühen erhitzt. Glüht man den Braunstein allein, so erhält man $\frac{1}{3}$ des darin enthaltenen Sauerstoffs, und Mangan-Oxydul-Oxyd bleibt zurück; glüht man ihn aber unter Zusatz von Schwefelsäure, so gewinnt man die Hälfte des in ihm gebundenen Sauerstoffs, und der Rückstand in der Flasche wird zu Manganoxydul, welches sich mit der Schwefelsäure zu einem Salze verbindet. Sauerstoff aus Braunstein.

80. Der Sauerstoff ist auch eine Universalspeise für alle lebenden Geschöpfe. Jede Luft, die wir einathmen, muß freien Sauerstoff enthalten; fehlt dieser darin, so tritt Erstickung ein. Die Chemiker, welche ihn vor 80 Jahren entdeckten und zuerst rein darstellten, gaben ihm aus diesem Grunde den Namen Lebensluft. Späterhin nannte man ihn auch Feuerluft, weil man fand, daß jede im gewöhnlichen Leben vorkommende Verbrennung ein Oxydationsproceß ist, bei Lebensluft.

Lebensluft. dem sich der Sauerstoff der Luft mit den Bestandtheilen des Brennmaterials verbindet. Das Abkürzungszeichen für Sauerstoff ist O, der erste Buchstabe von Oxygen. Man ist nämlich übereingekommen, die einfachen Körper durch Buchstaben auszudrücken, und zwar durch den ersten Buchstaben ihrer lateinischen Namen, dem, wenn es nöthig, noch der nächste charakteristische Buchstabe beigefügt wird.

### Wasserstoff oder Hydrogen (H)

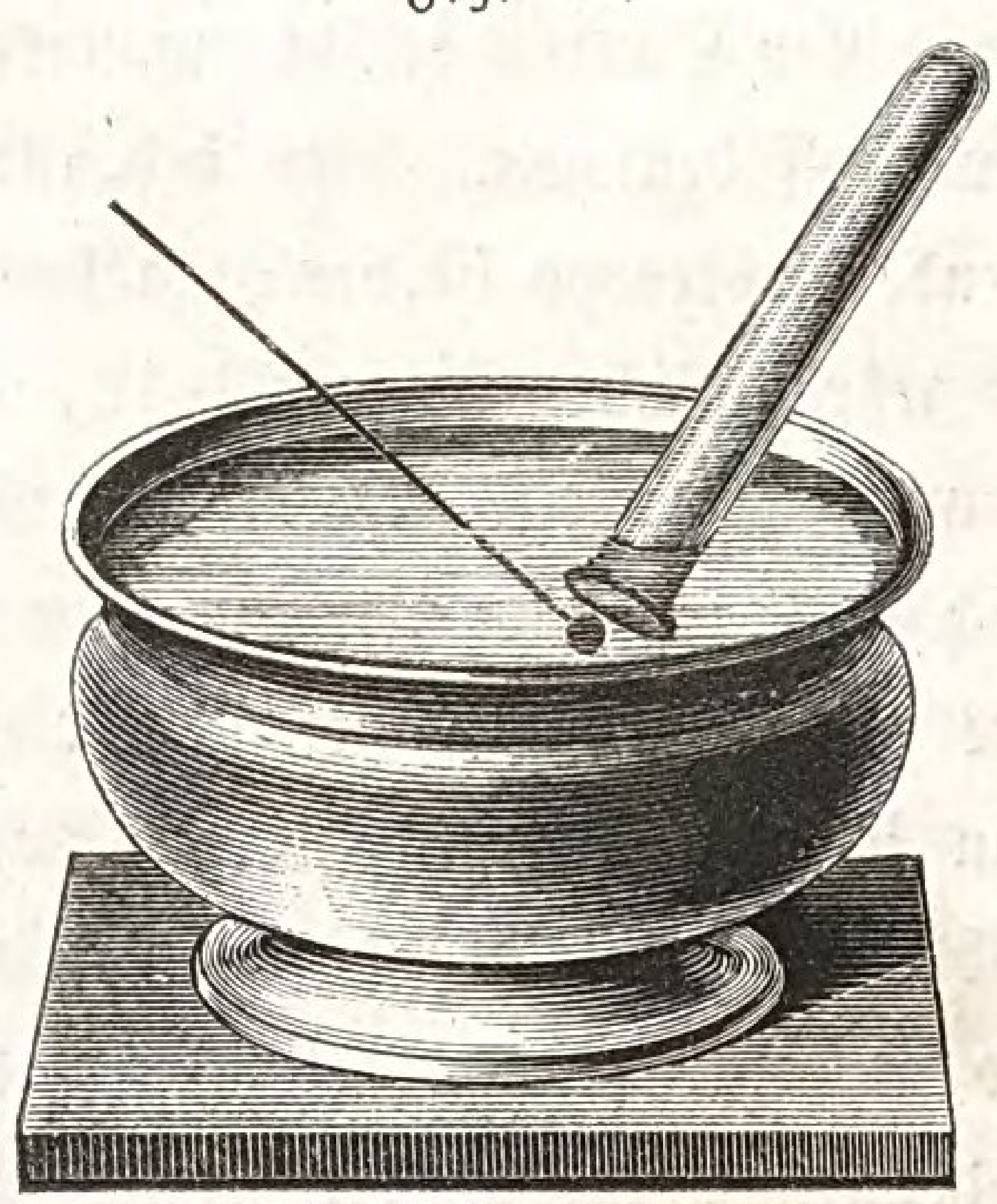
(At.-Gew. = 12,5. – Specif. Gew. = 0,068.)

– 1766 von Cavendish als eigenthümliche Gasart unterschieden. –

Wasser, zersetzt durch Natrium.

81. **Versuch.** Man kocht Wasser ¼ Stunde lang, damit alle darin enthaltene Luft ausgetrieben wird, läßt es kalt werden und füllt dann mit ihm eine Schüssel und ein Probirgläschen an; das letztere wird mit dem Finger verschlossen, umgedreht und erst unter der Oberfläche des Wassers wieder geöffnet. Bringt man jetzt ein linsengroßes Stück Natriummetall, welches man fest an einen Draht angedrückt hat, schnell unter die Oeffnung des Probirgläschens, so löst sich das Metall vom Drahte und steigt, da es leichter ist als Wasser, in dem Gläschen in die Höhe, fährt in kochender Bewegung auf demselben herum und entwickelt dabei aus dem Wasser eine Luftart, welche in wenigen Augenblicken das Wasser aus dem Gläschen heruntertreibt. Diese Luftart ist der zweite Bestandtheil des Wassers und heißt Wasserstoffgas. Aus dem Versuche 67. ist bekannt, daß das Natrium eine sehr große Verwandtschaft zum Sauerstoff hat; diese ist so stark, daß das Natrium im Stande ist, dem Wasser seinen Sauerstoff wegzunehmen, wodurch der Wasserstoff des-

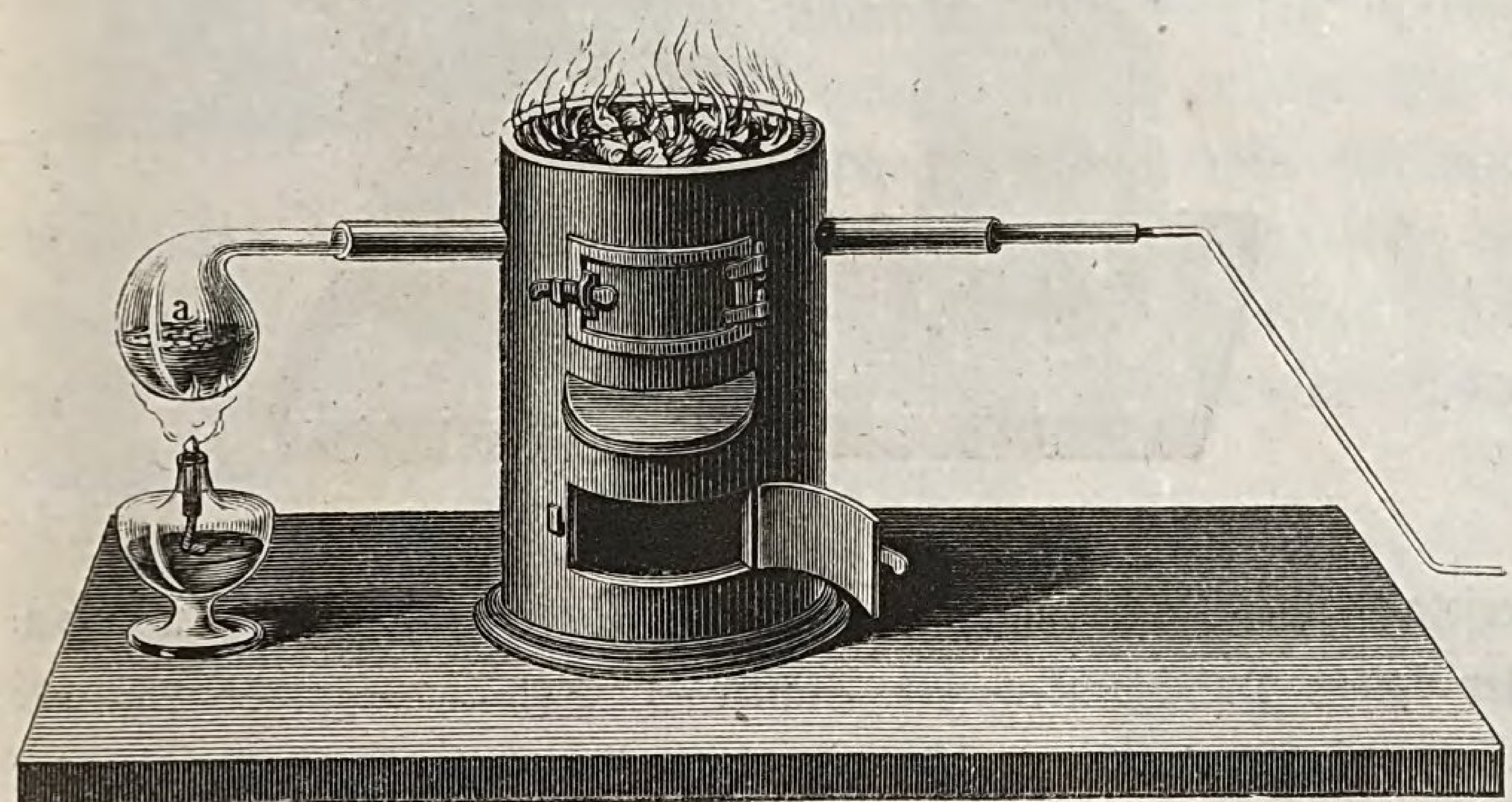
Fig. 34.



selben in Freiheit gesetzt wird. Man verschließe das Gläschen wieder mit dem Finger, nehme es aus dem Gefäße und halte ein brennendes Licht darüber: es wird sich an der Oeffnung eine Flamme zeigen; das Wasserstoffgas ist eine *brennbare* Luftart. Drückt man an die feuchte innere Glaswand einen Streifen von rothem Probirpapier, so nimmt dies eine blaue Farbe an; es hat sich hiebei dieselbe Basis, Natriumoxyd, gebildet, wie beim Liegen des Natriums im Sauerstoff oder an der Luft; sie befindet sich in dem Wasser aufgelöst.

82. Was das Natrium schon bei gewöhnlicher Temperatur vermag, das vermag das *Eisen* erst dann, wenn es *weißglühend* ist. Wasser, zersetzt durch glühendes Eisen.

Fig. 35.

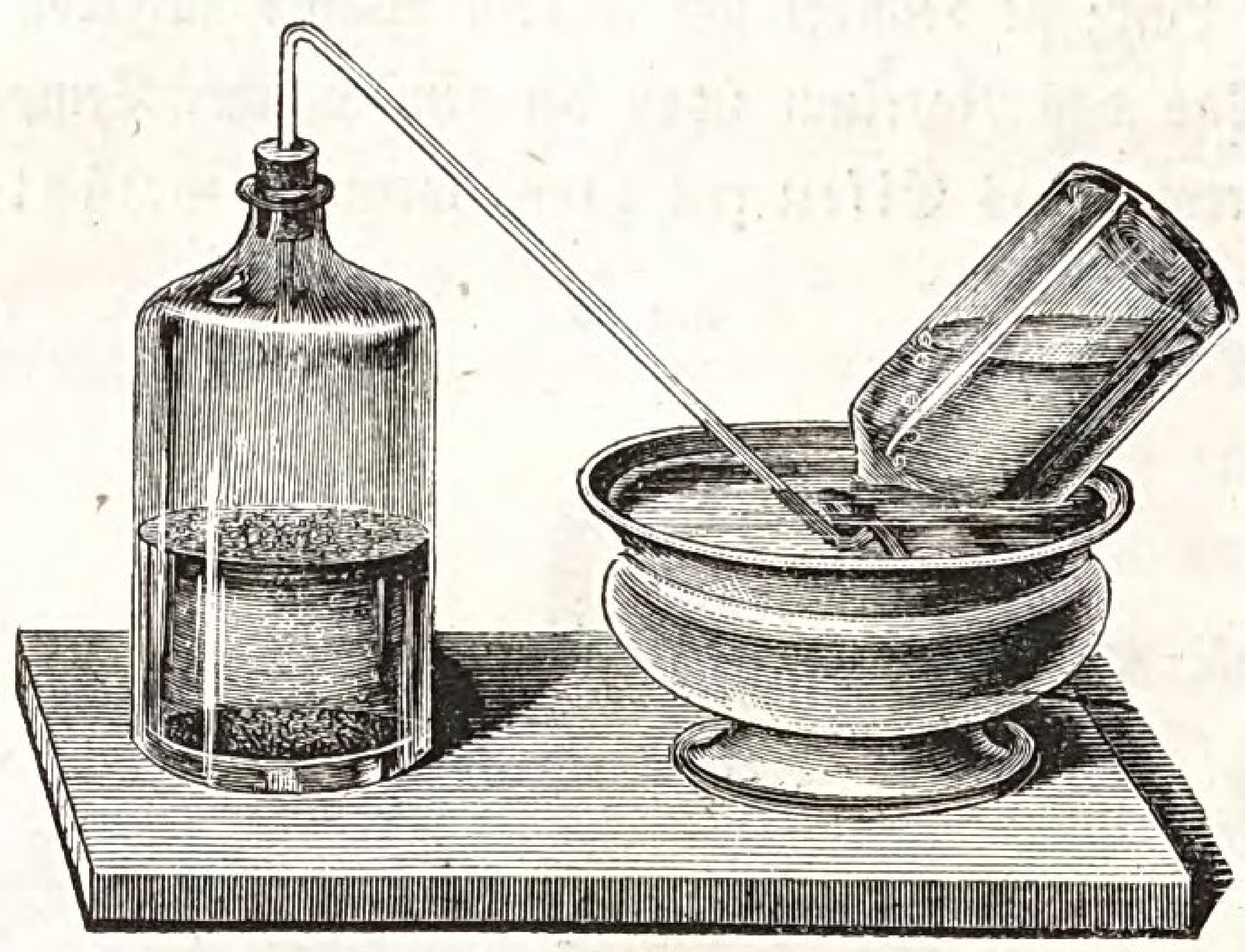



Läßt man durch ein glühendes, eisernes, mit spiralförmig gewundenem Eisendraht angefülltes Rohr, z. B. einen Flintenlauf, Wasserdampf streichen, indem man das in der Retorte *a* befindliche Wasser durch eine Lampe zum Sieden bringt, so verbindet sich das Eisen in dieser hohen Hitze mit dem Sauerstoff des Wassers zu Eisenoxydul-oxyd (Hammerschlag), und der Wasserstoff wird frei und kann aufgefangen werden. Dies war die Methode, durch welche der berühmte französische Chemiker *Lavoisier* vor einigen 70 Jahren nachwies, daß das Wasser kein einfacher Körper sei, sondern aus zwei Luftarten, Sauerstoff und Wasserstoff, bestehe.

Wasser, zersetzt durch Eisen und Schwefelsäure. 83. Die Zerlegung des Wassers durch Eisen erfolgt leichter, wenn man dem Eisen einen Alliirten zugesellt, der es in seinem Bestreben, dem Wasser den Sauerstoff zu entreißen, unterstützt. Ein solcher Bundesgenosse ist die Schwefelsäure.

**Versuch.** Man schütte ½ Loth *Eisenfeilspähne* von Schmiedeeisen in eine Flasche und übergieße sie mit 5 Loth Wasser: es

Fig. 36.



erfolgt keine Einwirkung; setzt man nun aber tropfenweis und unter stetem Umschwenken der Flasche 1 Loth gewöhnliche englische *Schwefelsäure* hinzu, so wird bald eine kochende Bewegung der Flüssigkeit und zugleich eine Erhitzung derselben eintreten. Das Kochen rührt von der Entwicklung einer Luftart her; diese Luftart ist Wasserstoffgas. Nachdem man die Oeffnung der Flasche mit einem durchbohrten Korke, in dem sich eine gebogene Glasröhre befindet, verstopft und die Gasentwicklung 5 Minuten gedauert hat, wird das Gas, wie beim Sauerstoff angegeben, in mit Wasser gefüllten Flaschen mit Hülfe der pneumatischen Wanne aufgefangen.

Es ist eine unerläßliche *Vorsicht* beim Experimentiren mit Wasserstoff, das Gas *nicht eher aufzufangen*, bevor nicht die vorher im Glase befindliche Luft vollständig ausgetrieben ist, weil außerdem leicht Explosionen eintreten können.

84. **Versuch.** Wenn Schwefelsäure in Wasser gegossen wird, so entsteht immer eine beträchtliche Erhitzung, eine noch viel stärkere, wenn man umgekehrt verfährt, nämlich das Wasser in die Schwefelsäure gießt. Am besten nimmt man dieses Mischen auf folgende Weise vor: 5 Loth Wasser werden in eine große Steinkruke oder ein Becherglas gegossen, die man in eine mit Wasser gefüllte Schüssel stellt; nun wägt man 1 Loth englische Schwefelsäure in einem Gläschen ab, schüttet diese in einem dünnen Strahle zu dem Wasser, während man das letztere mit einem Glas- oder Porcellanstäbchen ununterbrochen umrührt, und läßt das Gemisch so lange in der Wasserschüssel, bis es völlig erkaltet ist. Man nennt diese Mischung verdünnte Schwefelsäure; die starke Säure dagegen heißt concentrirte Schwefelsäure. Mischen von Schwefelsäure und Wasser.

Fig. 37.



85. **Versuche mit Wasserstoffgas.**

**Versuch** a. Man zünde das in einer Flasche enthaltene Wasserstoffgas an und gieße schnell Wasser in die Flasche: das Wasser löscht die Flamme keineswegs aus, sondern macht sie vielmehr größer, weil es das Gas schnell aus der Flasche herausdrängt. Im Innern des Gefäßes brennt das Gas nicht, sondern nur außerhalb desselben, da wo es von der atmosphärischen Luft umgeben ist. Wasserstoff ist brennbar.

Fig. 38.



Wasserstoff ist leichter als Luft.

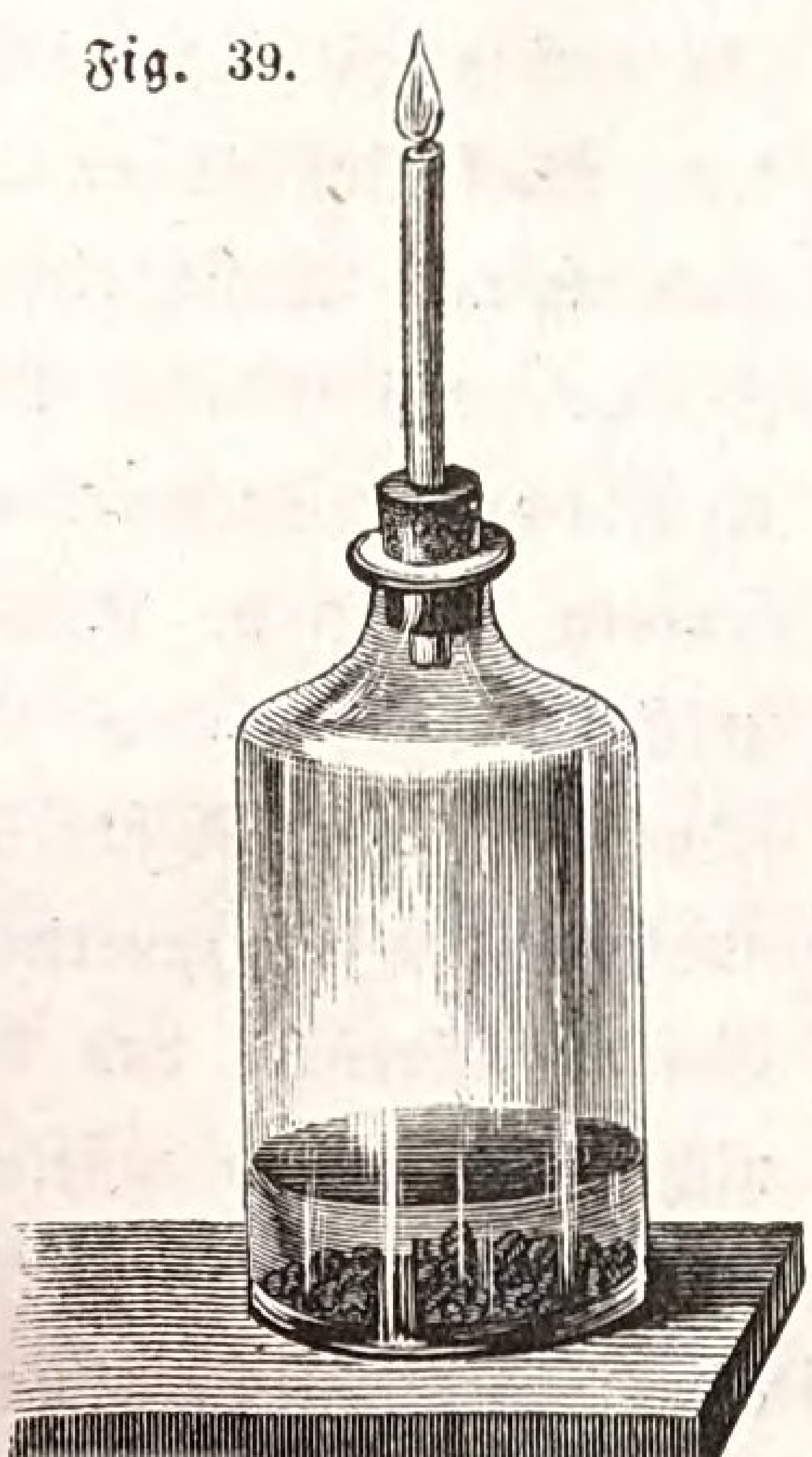
**Versuch b.** Man lasse ein Glas mit Wasserstoffgas einige Minuten offen stehen und halte während dieser Zeit ein leeres Trinkglas darüber; dreht man das letztere sodann schnell um und hält ein brennendes Licht darüber, so wird aus demselben eine Flamme mit pfeifendem Geräusche herausschlagen. Das Gas ist, wie man sieht, aus dem unteren Glase in das obere gestiegen, es ist also leichter als gewöhnliche Luft. Das untere Glas darf bei diesem Versuche nicht sogleich mit einem Lichte in Berührung kommen, weil, wenn noch nicht alles Wasserstoffgas heraus ist eine Explosion erfolgen kann, die das Glas zerschmettert; hält man aber nach 10 Minuten ein Licht darüber oder hinein, so wird man keine brennbare Luft mehr darin finden; sie ist vollständig verflogen.

Das Wasserstoffgas ist die leichteste unter allen Luftarten; 14½ Maaß davon wiegen nur so viel als 1 Maaß atmosphärische Luft. Wegen dieser Leichtigkeit kann das Wasserstoffgas zum Füllen von Luftballons angewendet werden (Charlieren).

Wasserstoff wird durch Platin entzündet.

**Versuch c.** Wird auf das Glas, aus dem man sich das Wasserstoffgas rasch entwickeln läßt, statt der gebogenen Glasröhre ein Stück einer Röhre von einer thönernen Tabackspfeife in den Kork gesteckt und das Gas angezündet, so brennt dasselbe in Gestalt einer Kerzenflamme. Zum Anzünden des Gases läßt sich auch, statt eines brennenden Körpers, sehr fein zertheiltes Platinmetall anwenden. Man kann sich dieses in wenigen Minuten darstellen, wenn man einige Tropfen Platinlösung auf Löschpapier tröpfelt, dieses an einen Draht steckt und über einer Weingeistlampe so lange erhitzt, bis nur noch eine graue, zusammenhängende Asche übrig geblieben ist. In der Asche ist das Platin außerordentlich

Fig. 39.

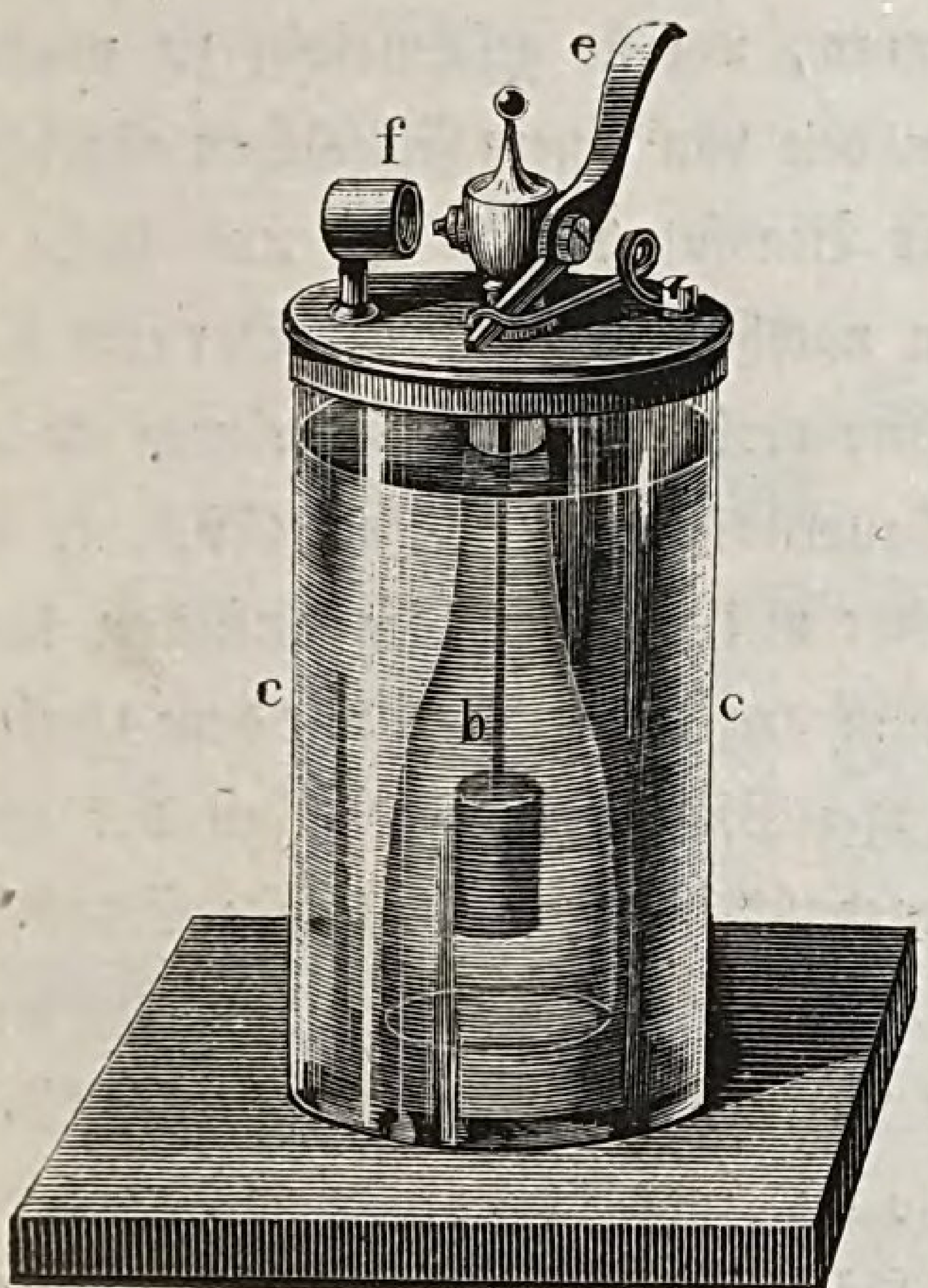


fein zertheilt und porös, und in diesem Zustande zeigt es die merkwürdige Eigenschaft, im Wasserstoffgase glühend zu werden und dasselbe zu entzünden. Man nennt solches poröses Platin **Platinschwamm** oder oxyphores Platin und wendet es als Zünder bei den bekannten Döbereiner'schen **Wasserstoff-** oder **Platinfeuerzeugen** an.

Wasserstoff-Feuerzeug.

Die hier dargestellte **Zündmaschine** besteht aus einem Glascylinder oder einer Flasche *b*, deren Boden abgesprengt und auf deren Hals der Deckel des Glases *c* mit dem Hahn *e* luftdicht befestigt ist. An einem Draht hängt darin ein Zinkkolben herunter. Wird nun verdünnte Schwefelsäure in das Gefäß *c* gegossen und der Deckel mit dem daran befestigten Cylinder aufgesetzt, indem man zugleich den Hahn öffnet, um die in letzterem enthaltene Luft durch die von unten eintretende Säure verdrängen zu können, so entwickelt sich alsbald durch die Berührung des Zinks mit der Säure Wasserstoffgas, welches sich nach dem Schließen des Hahnes in dem Cylinder ansammeln und dadurch die Säure in das äußere Gefäß drängen muß, bis sie das Zink nicht mehr berührt. Beim Oeffnen des Hahns *e* strömt das Gas aus der feinen Spitze auf den Platinschwamm *f*, statt des entwichenen Gases aber tritt wieder Schwefelsäure aus dem äußeren Gefäße in das innere und erzeugt von Neuem Wasserstoffgas, so wie sie wieder an das Zink gelangt. Das poröse Platin hat in hohem Grade die Fähigkeit, Sauerstoff einzusaugen und in sich zu verdichten; kommt nun Wasserstoffgas hinzu, so werden diese beiden Gase in den Poren des Platins durch die mächtige Anziehungskraft desselben einander so ge-

Fig. 40.



nähert, daß sie sich chemisch verbinden können; es bildet sich Wasser, und die dabei freiwerdende Wärme reicht hin, um den Platinschwamm oder die Platinasche bis zum Glühen zu erhitzen und das nachfolgende Gas zu entflammen. Durch poröses Platin kann man viele luftförmige Körper zu einer Verbindung zwingen, die sich von freien Stücken durchaus nicht mit einander vereinigen.

Hitze beim Verbrennen des Wasserstoffs.

86. **Knallgas. Versuch.** Wie außerordentlich die Hitze sei, welche sich bei der chemischen Vereinigung von Sauerstoff und Wasserstoff entwickelt, wird der folgende Versuch zeigen. In die Oeffnung einer großen Schweinsblase, die man, um sie geschmeidig zu machen, etwas angefeuchtet hat, stecke man den von einem Fläschchen abgeschlagenen Glashals, binde diesen mit Bindfaden recht fest und suche sich zwei dazu passende Korke, die man nachher durchbohrt. Der eine Kork wird mit einer gebogenen Glasröhre verbunden, die zu einem kleinen Apparate führt, aus dem man Sauerstoffgas entwickelt (59.), so daß man auf diese Weise die Blase leicht mit diesem Gase anfüllen kann. Ist dies geschehen, so vertauscht man den ersten Kork mit dem zweiten, in welchem ein nur einige Zoll langes Glasröhrchen, das an der einen Seite in eine Spitze ausgeht, eingepaßt ist, und drückt ein Stückchen Wachs auf die Oeffnung. Solche Röhren bereitet man sich leicht durch Erhitzen einer längeren Glasröhre unter stetem Drehen in einer Weingeistflamme, bis diese an einer Stelle so weich geworden, daß man sie in zwei Hälften ausziehen kann. Den dünnen in einen Glasfaden endenden Theil bricht man ab und hält ihn noch einige Augenblicke in's Feuer, damit die scharfen Kanten der entstandenen feinen Oeffnung durch angehendes Schmelzen abgestumpft werden. Bequemer, aber freilich etwas theurer ist's, wenn man statt der angegebenen Vorrichtung einen kleinen, mit einer angeschraubten Spitze versehenen Messinghahn in die Mündung der Blase einbindet.

Fig. 41.

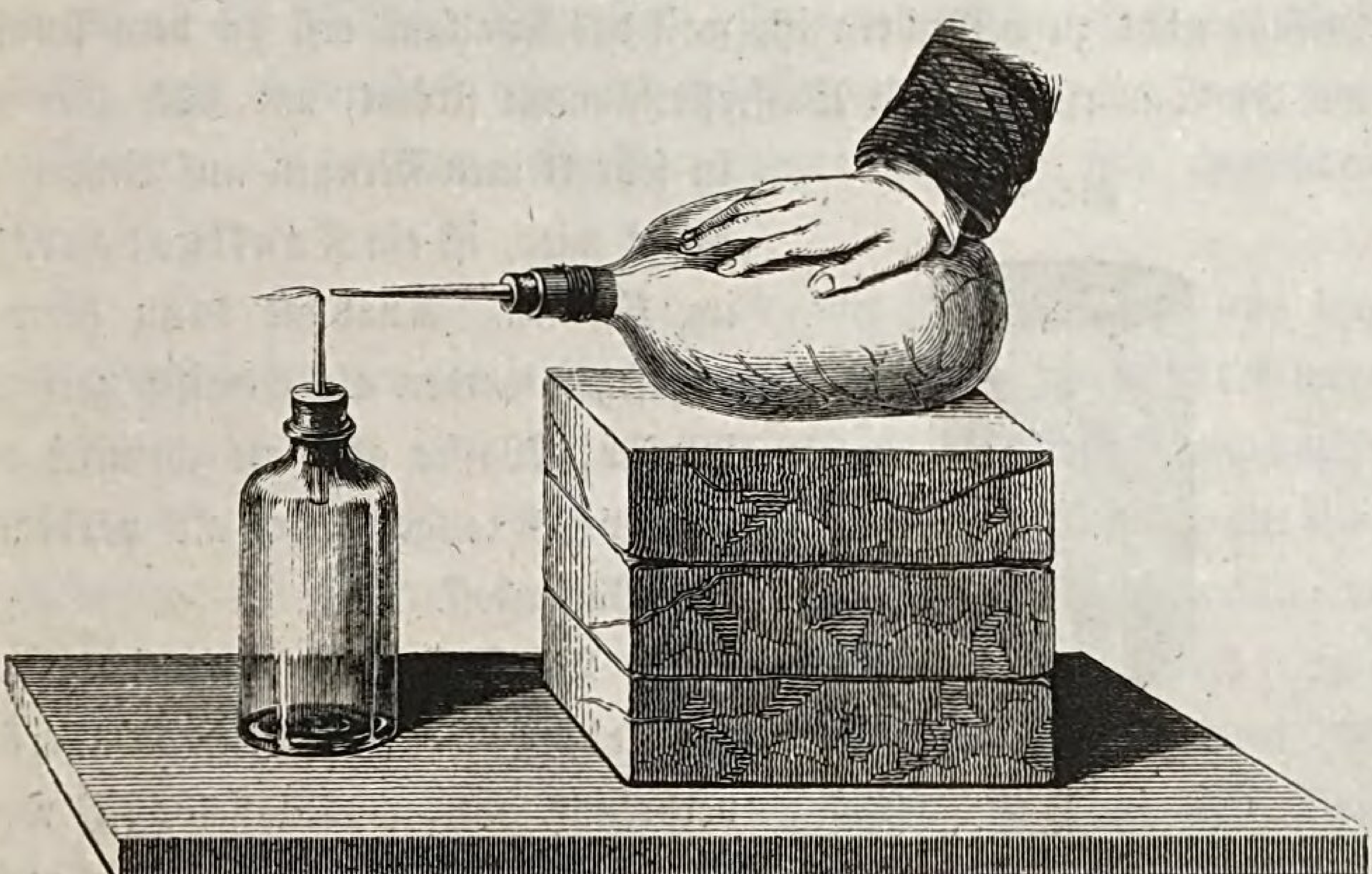


Knallgasgebläse.

Die so vorgerichtete und mit Sauerstoff gefüllte Blase legt man nun auf Ziegelsteine, in der Höhe,

daß die Spitze der Glasröhre gerade bis zu der Wasserstoffflamme reicht, die man auf die im vorigen Versuche angegebene Weise erzeugt. Drückt man die Blase mit der Hand, so muß das Sauerstoffgas ausströmen; es bläst in die Wasserstoffflamme, welche dadurch zur Seite getrieben wird. Diese Flamme leuchtet nur schwach, schwächer sogar als vorher; dessenungeachtet steckt in ihr die größte Hitze, welche man bis jetzt kennt. Man halte einen Draht von Platin, einem Metalle, welches in dem heftigsten Ofenfeuer nicht flüssig wird, in die Flamme: er schmilzt wie Wachs; man halte ein oben zu einem Knallgasgebläse.

Fig. 42.



dünnen Stäbchen geschabtes Stück Kreide in dieselbe: es wird so glühend, daß es das blendendste Licht ausstrahlt (Sideriallicht). Eine Uhrfeder oder ein dünner Eisendraht verbrennt darin mit glänzendem Funkensprühen, wie im Sauerstoffgase (68.). Woher kommt aber diese gewaltige Hitze? Sie ist eine Folge der heftigen, energischen, chemischen Verbindung zweier Stoffe mit einander. **Bei jeder chemischen Vereinigung wird Wärme frei.**

Genaue Versuche haben gezeigt, daß sich immer 2 Maaß **Wasserstoff** mit 1 **Maaß Sauerstoff** vereinigen, also gerade dieselben Knallgas.

Knallgas Quantitäten, welche bei der Zerlegung des Wassers durch Galvanismus (55.) erhalten werden; das Product der Verbindung ist nichts Anderes als Wasser. Aus 2 Maaß Wasserstoff und 1 Maaß Sauerstoff entstehen aber nicht 3 Maaß Wasserdampf, sondern nur 2 Maaß; die beiden Gasarten verdichten sich also bei ihrer chemischen Verbindung um $^1/_3$. Wollte man Wasserstoff und Sauerstoff vorher mit einander mengen und nachher anzünden, so würde das ganze Gemenge sich auf einmal verbinden, und zwar unter dem heftigsten Knall und gewaltsamer Zertrümmerung des Gefäßes. Man nennt deswegen ein solches Gemenge **Knallgas**. Der eben beschriebene Apparat, bei dem eine Gefahr nicht zu befürchten ist, weil das Knallgas erst an dem Punkte, wo der Sauerstoff in die Wasserstoffflamme strömt, und auch hier nur in sehr kleinen Mengen auf einmal gebildet wird, ist ein **Knallgasgebläse** im Kleinen. Knallgas kann hiernach angesehen werden als chemisch zersetztes Wasser, Wasser aber als chemisch verbundenes Knallgas, oder als verbrannter Wasserstoff.

Fig. 43.



Beim Verbrennen des Wasserstoffs wird Wasser gebildet.

87. **Versuch.** Daß wirklich **Wasser gebildet** wird, wenn Wasserstoff verbrennt, oder, was dasselbe ist, wenn sich Wasserstoff mit Sauerstoff chemisch verbindet, läßt sich leicht zeigen, wenn man über die Wasserstoffflamme ein Glas stürzt; das Glas wird sehr bald beschlagen, weil das gebildete Wasser, welches in der Hitze, bei der es entsteht, Dampfform besitzt, sich an den kalten Glaswänden zu kleinen Tropfen verdichtet. Man hat sich auf diese Weise größere Mengen von künstlichem Wasser erzeugt und aus 1000 Maaß

Sauerstoff und 2000 Maaß Wasserstoff ein reichliches Maaß flüssiges Wasser erhalten.

Das Wasser besteht also, wie die Zersetzung (Analyse) und Wiederzusammensetzung (Synthese) desselben unwiderleglich bewiesen hat, Zusammensetzung des Wassers

| dem Volumen nach: | dem Gewichte nach: |
|---|---|
| aus 1 Mß. Sauerstoff | aus 8 Theilen Sauerstoff |
| und 2 Mß. Wasserstoff: | und 1 Theil Wasserstoff; |
| diese geben 2 Mß. Wasserdampf; | diese geben 9 Gewichtstheile Wasser. |

Die große Verschiedenheit der Zahlen für Maaße und der Gewichtszahlen erklärt sich dadurch, daß 1 Maaß Wasserstoff 16mal weniger wiegt als 1 Maaß Sauerstoff. Wegen der Eigenschaft des Wasserstoffs, mit Sauerstoff vereinigt Wasser zu bilden, hat man ihm den Namen Hydrogen (Wassererzeuger) gegeben; sein chemisches Zeichen ist hiernach = H.

88. Die chemischen Zeichen, die, wie schon erwähnt, aus den Anfangsbuchstaben der lateinischen Namen der Elemente gebildet werden, bieten nicht nur eine sehr bequeme und einfache Bezeichnungsweise der Elemente dar, sondern drücken zugleich auch eine fest bestimmte Gewichtsmenge der letzteren aus, nämlich diejenige, welche bei der Ueberschrift jedes Abschnittes unter der Benennung Atomgewicht aufgeführt ist. O bedeutet demnach nicht bloß Sauerstoff, sondern 100 Gewichtstheile (Pfunde, Loth, Grane 2c.) davon; H nicht bloß Wasserstoff, sondern immer $12\frac{1}{2}$ Gewichtstheile davon 2c. Sind zwei Elemente mit einander vereinigt, so deutet man dies durch Nebeneinandersetzung ihrer Zeichen an; HO z. B. ist die Formel für Wasser; aus dieser ersehen wir nicht nur, daß das Wasser aus Wasserstoff und Sauerstoff besteht, sondern auch, daß in ihm immer $12\frac{1}{2}$ Gewichtstheile Wasserstoff (1 At. H) mit 100 Gewichtstheilen Sauerstoff (1 At. O), oder, was dasselbe ist, 1 Gewichtstheil H mit 8 Gewichtstheilen O verbunden sind. Bei den zusammengesetzteren Verbindungen trennt man die einzelnen Glieder durch ein Komma oder aber durch das + Zeichen von einander, wie dies in den folgenden Abschnitten von selbst klar werden wird. Die bei den Formeln unterhalb der Buchstaben vor- Chemische Zeichen und Formeln.

kommenden kleineren Zahlen beziehen sich immer nur auf das chemische Zeichen, an dessen Fuße sie stehen, die größeren vor den letzteren stehenden aber auf alle Buchstaben bis zum nächsten Komma oder + Zeichen. $H_2$ bedeutet demnach 2 At. Wasserstoff; $H_3$ 3 At.; 2 HO dagegen bedeutet 2 At. Wasser, also 2 At. Wasserstoff und 2 At. Sauerstoff u. s. w. Es ist jedem Anfänger auf's Dringendste anzurathen, sich mit dieser so überaus faßlichen und anschaulichen Zeichensprache recht vertraut zu machen.

Vorgang bei der Wasserzerlegung durch Eisen und Schwefelsäure.

89. Es ist nun noch übrig, die Veränderung zu betrachten, welche das Eisen erfahren hat, während es mit Hülfe der Schwefelsäure das Wasser zerlegte und Wasserstoff aus ihm frei machte.

Versuch. Man schüttet den Inhalt des Glases (von Versuch 83.) in eine Porzellanschale, erhitzt ihn darin bis zum Kochen und filtrirt: in dem Filtrum wird ein schwarzer Rückstand bleiben, der hauptsächlich aus Kohle besteht, welche in dem Eisen enthalten war; das Eisen selbst ist verschwunden, es ist aufgelöst worden, und befindet sich in der durchgelaufenen Flüssigkeit, aber nicht mehr als Eisen, sondern als Eisensalz, welches sich beim Erkalten in grünen, durchsichtigen Krystallen ausscheidet. Die Bildung desselben erklärt sich aus folgendem Schema:

Wasser = Sauerstoff und Wasserstoff ↗
Eisen ———— \= Eisenoxydul
Schwefelsäure ———— \= Eisensalz.

Das Eisensalz erhält sonach den Namen schwefelsaures Eisenoxydul; im gewöhnlichen Leben ist es unter der Benennung Eisenvitriol oder Kupferwasser bekannt. Eisen und Schwefelsäure können sich nicht mit einander verbinden, denn es gilt in der unorganischen Chemie als eine Regel, gegen die nur wenige Ausnahmen vorkommen, daß sich einfache Körper gewöhnlich nur mit einfachen, zusammengesetzte nur mit zusammengesetzten verbinden; wohl aber kann eine Verbindung erfolgen, wenn das Eisen sich oxydirt und dadurch zu einem zusammengesetzten Körper wird.

Den zur Oxydation erforderlichen Sauerstoff findet es hier im Wasser, allein es ist nicht stark genug, um dem Wasser den Sauerstoff zu entreißen; hilft aber die Schwefelsäure mit, welche starke Lust (Verwandtschaft) hat, sich mit einer Basis zu vereinigen, so sind beide zusammen im Stande, das Wasser zu überwältigen, und es entsteht eine Basis (Eisenoxydul), die sogleich an die Schwefelsäure tritt. Der abgeschiedene Wasserstoff nimmt Luftform an und entweicht. Man nennt diese Art von Verwandtschaft eine prädisponirende. Prädisponirende Verwandtschaft.

Statt des Eisens wird auch häufig Zink zur Darstellung von Wasserstoff angewendet.

---

## Luft.

90. Unsere Erdkugel ist ringsum, wie mit einem Mantel, mit Luft umgeben; man nennt diesen Mantel Atmosphäre oder Dunstkugel und glaubt, daß er ungefähr 10 Meilen über die feste Erde hinausrage. Die atmosphärische Luft besitzt keine Farbe und ist durchsichtig, wir können sie daher mit unseren Augen nicht sehen; ihre Atmosphäre.

Fig. 44.

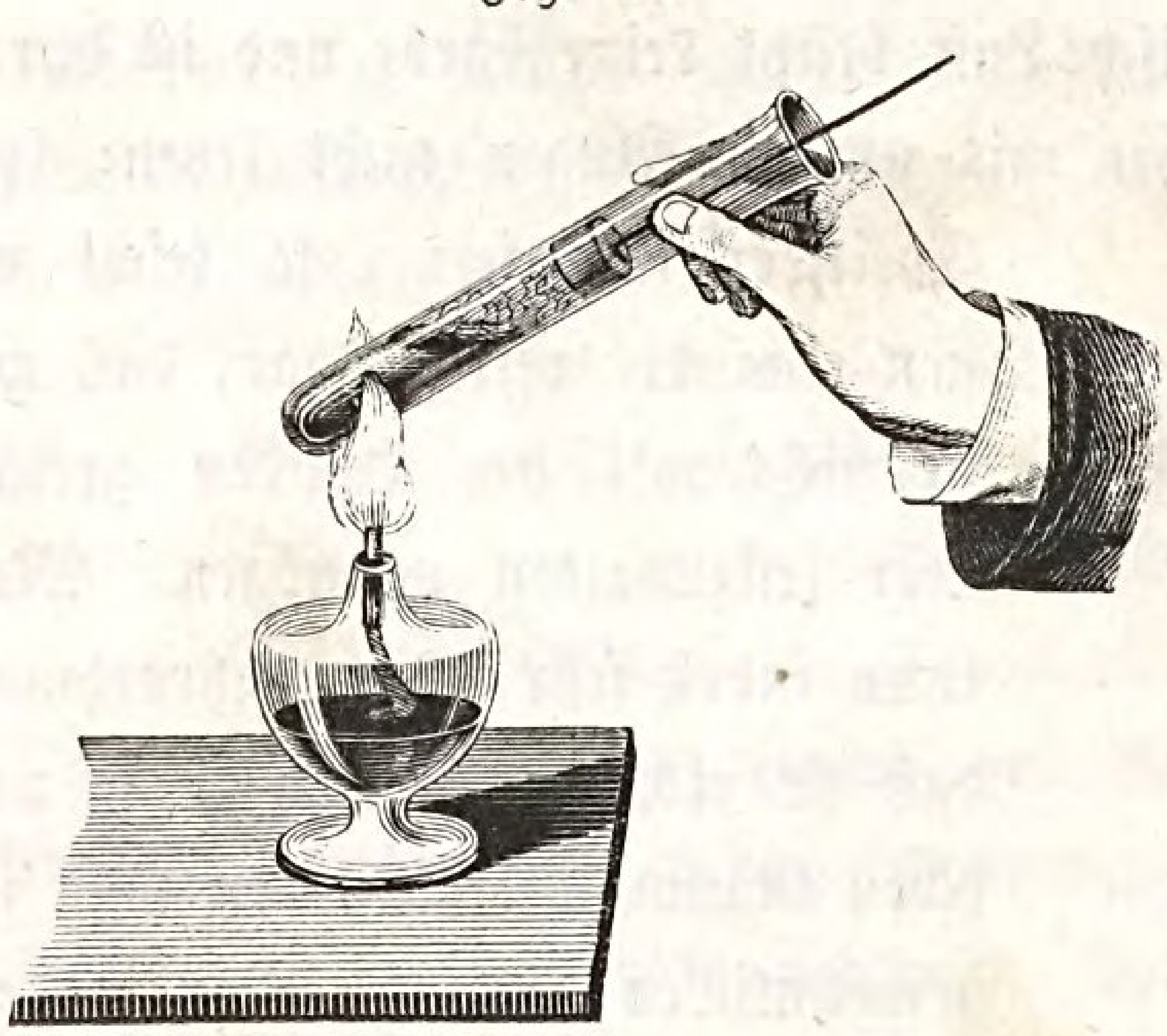


Theilchen sind ferner so leicht gegen einander verschiebbar, daß wir sie nicht mit den Händen greifen oder festzuhalten vermögen. Man kann indeß sehr leicht wahrnehmen, daß sie etwas Körperliches ist und jeden Raum ausfüllt, den man im gewöhnlichen Sprachgebrauche leer nennt, wenn man einen Trichter mit so viel angefeuchteten Papierstreifen umwickelt, daß er beim Aufsetzen auf eine Flasche den Hals der letzteren recht genau verschließt. Füllt man jetzt den Trichter mit Luft ist ein Körper.

Luft ist ein Körper. Wasser an, so läuft dieses nicht in die Flasche, denn die in der letzteren enthaltene Luft läßt es nicht hinein; hebt man aber den Trichter etwas in die Höhe, so stürzt das schwerere Wasser sogleich in die Flasche, da nun die leichtere Luft aus ihr entweichen kann. Auch durch Wägen kann man finden, daß ein scheinbar leeres, d. i. nur Luft enthaltendes Gefäß mehr wiegt als ein wirklich leeres, aus dem man die Luft herausgepumpt hat. Sie ist aber so leicht, daß 800 Maaß Luft nur so viel wiegen als 1 Maaß Wasser; dessenungeachtet aber drückt sie mit sehr großer Gewalt auf die Erde und Alles was auf ihr ist. Diesen Druck bemerken wir jedoch nur dann, wenn die Luft an einer Stelle weggenommen wird und dadurch ein einseitiger Druck (ohne Gegendruck) entsteht.

Druck der Luft. 91. **Druck der Luft.** Versuch. Man umwickle einen Holzstab an dem einen Ende mit Werg, das man mit Talg bestrichen hat, so daß ein Stempel entsteht, der etwas streng in ein starkwandiges Probirgläschen paßt. In dem Probirgläschen bringt man etwas Wasser zum Kochen und setzt, wenn die Luft durch den gebildeten Wasserdampf aus demselben herausgetrieben, mithin durch diese Austreibung ein luftleerer Raum entstanden ist, den Stempel auf: er wird beim Erkalten des Gefäßes bis auf die Oberfläche des Wassers herabgedrückt werden. Durch Erhitzen wird er von dem sich neu erzeugenden Wasserdampfe in die Höhe getrieben, durch Eintauchen in kaltes Wasser wieder heruntergeschoben. In Folge der Abkühlung entsteht nämlich ein leerer Raum, indem sich der das ganze Rohr erfüllende Dampf wieder zu Wasser verdichtet, wodurch natürlich der Gegendruck gegen das Gewicht der äußeren Luft aufgehoben wird; die letztere drückt demnach den Stempel

Fig. 45.

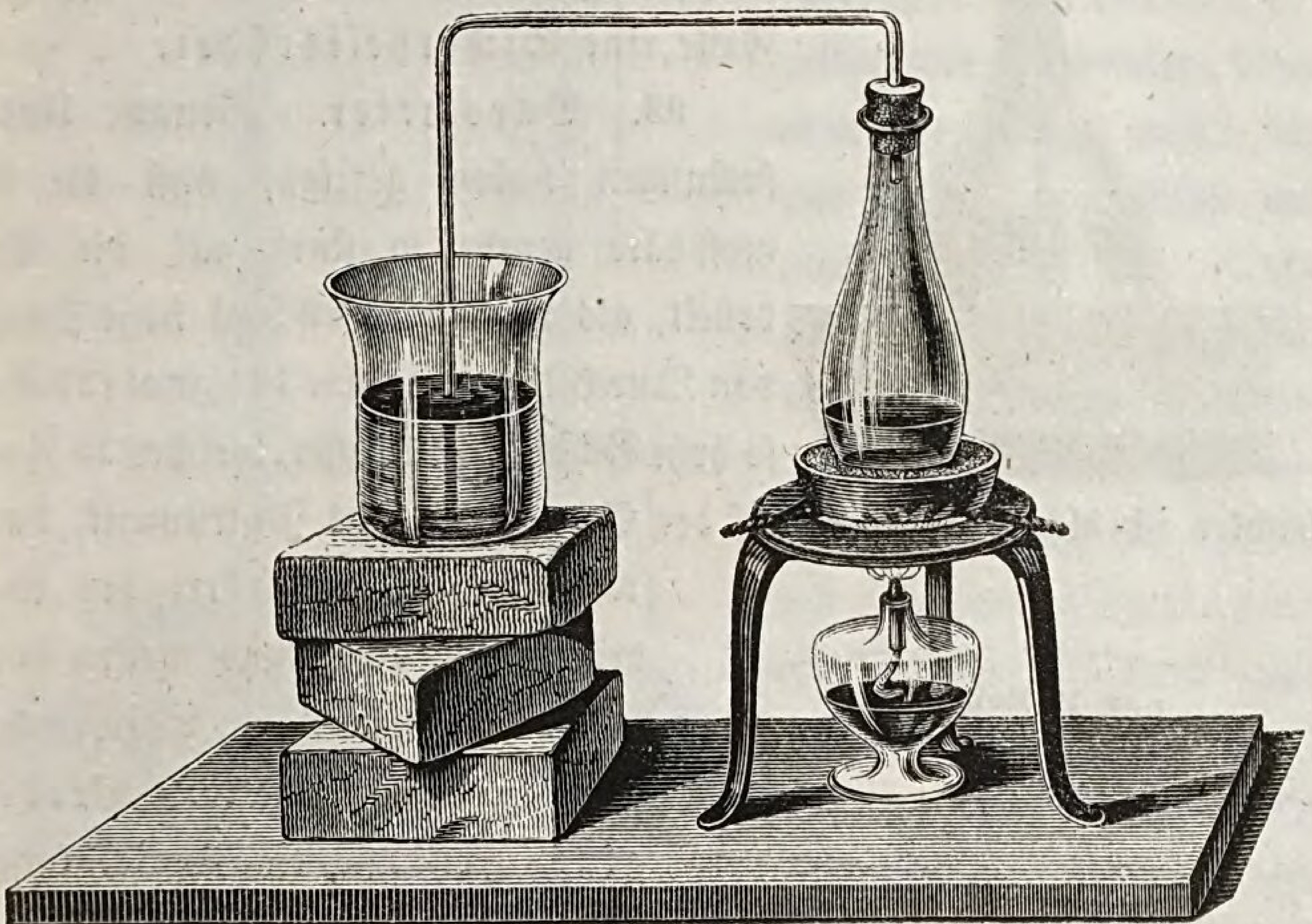


nieder. Auf ganz gleiche Weise wird bei manchen Dampfmaschinen der Kolben im Cylinder auf- und abbewegt.

92. Der einseitige Luftdruck kann bei vielen chemischen Operationen ein Auf- und **Zurücksteigen** von Flüssigkeiten in Röhren veranlassen. Zurücksteigen von Flüssigkeiten.

**Versuch.** Bringt man Wasser, wie es in 36. angegeben wor-

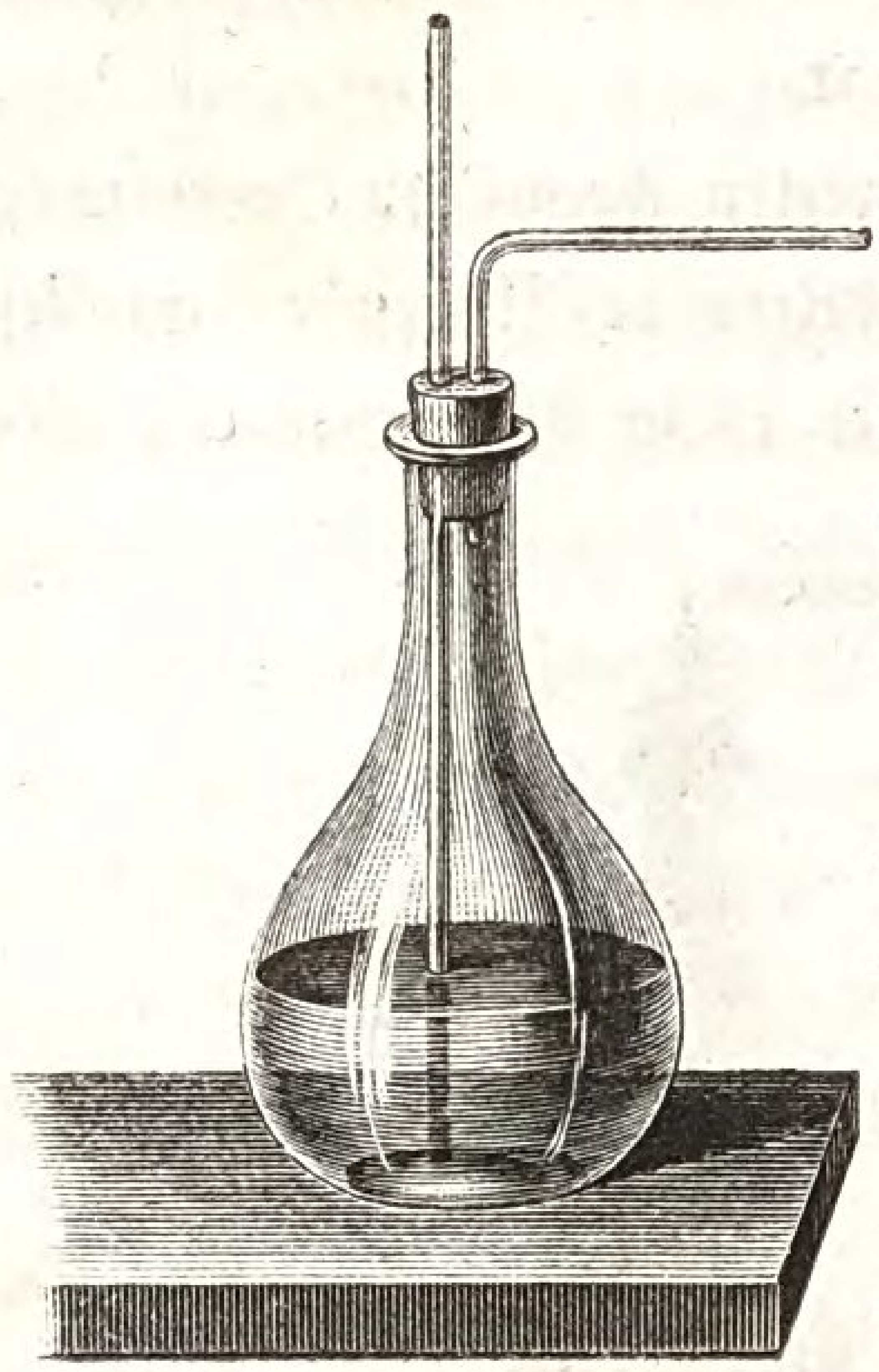
Fig. 46.



den ist, durch Dampf zum Kochen und entfernt während des Kochens die Lampe, so wird der auf die Oberfläche des Wassers im Becherglase wirkende Druck der Luft das darin befindliche Wasser sehr bald durch die Glasröhre bis in das Kochfläschchen drücken, welches sich in kurzer Zeit ganz mit Wasser anfüllt. Der Gegendruck des Dampfes muß natürlich abnehmen, so wie der Dampf sich abkühlen und wieder zu tropfbarem Wasser verdichten kann. So lange die Lampe unter dem Fläschchen steht, ist der Dampfdruck stärker als der Luftdruck, und der sich immer neu bildende Dampf drängt den schon in der Röhre enthaltenen vorwärts in das Wasser des Becherglases. Dieses Zurücksteigen von Flüssigkeiten ist besonders dann zu befürchten, wenn man Gasarten in Wasser leitet, welche leicht und in großer Menge von demselben verschluckt werden. Man verhindert es, wenn man durch Sicherheitsröhren.

Sicherheitsröhren.

Fig. 47.

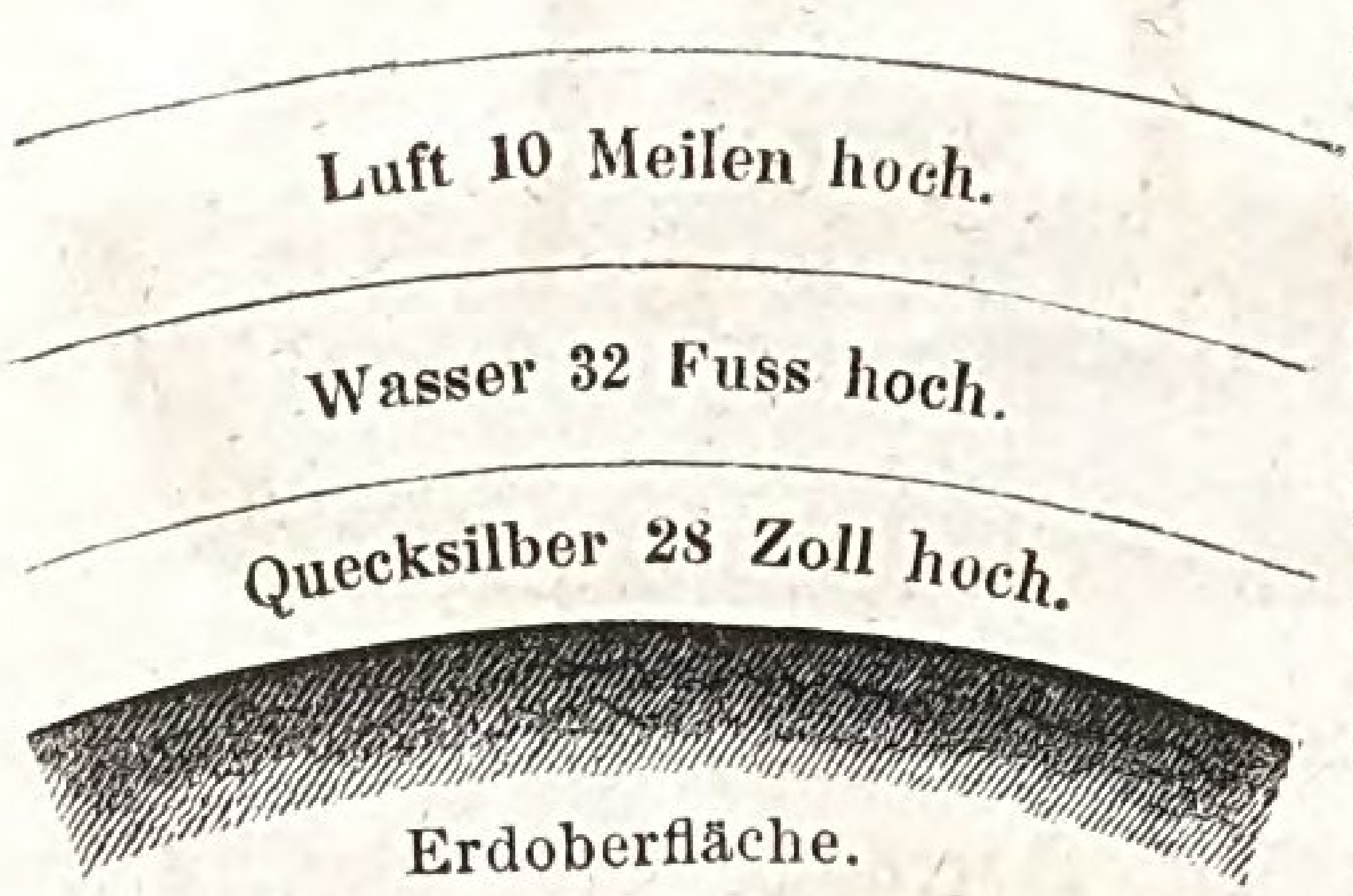


den Kork eine zweite lange oben und unten offene Glasröhre bis auf den Boden des Kochfläschchens gehen läßt, durch welche beim Nachlassen des Dampfdruckes Luft in das Fläschchen eindringen kann. Eine solche Röhre heißt in dem vorliegenden Falle eine **Sicherheitsröhre**.

Stärke des Luftdruckes.

93. **Barometer**. Genaue Untersuchungen haben gezeigt, daß die Atmosphäre gerade so stark auf die Erde drückt, als wenn eine 28 Zoll hohe Schicht von Quecksilber, oder eine 13½mal (32 Fuß) so hohe Schicht voll Wasser, welches 13½mal leichter ist als Quecksilber, auf der Erde läge. Das Instrument, durch welches man die Stärke des Luftdruckes beobachten und messen kann, heißt **Barometer** (Schweremesser), im gewöhnlichen Leben **Wetterglas**. Füllt man eine 30 Zoll lange, an dem einen Ende zugeschmolzene Glasröhre mit Quecksilber und taucht sie dann, indem man sie mit dem Finger zuhält und umdreht, in ein Gefäß mit Quecksilber, so läuft das Quecksilber, wenn man den Finger wegzieht, **nicht** heraus, sondern es fällt nur um einige Zoll, ungefähr bis *s*. Die Höhe der Quecksilbersäule von *ab* bis *s* beträgt ungefähr 28 Zoll. Der Grund, warum das Quecksilber nicht herabsinkt, liegt in dem einseitigen Luftdrucke; die äußere Luft (die Atmosphäre) drückt nämlich nur auf das Quecksilber bei *ab*, nicht aber bei *s*, da die Röhre oben verschlossen ist. Die in der Röhre befindliche Quecksilbersäule ist als ein Gegengewicht gegen den atmosphärischen Luftdruck zu betrachten, und wir schließen daraus, daß der letztere gerade so stark auf der Erde lastet, als eine 28 Zoll hohe Schicht von Quecksilber lasten würde. Oeffnete man die Röhre oben, so

Barometer.



würde der Luftdruck auf beiden Seiten gleich sein und das Queck- silber aus der Röhre herausfließen. Der Raum über dem Quecksilber bei *s* ist luftleer; er heißt nach dem Erfinder des Barometers die Toricelli'sche Leere. Bei den gewöhnlichen Barometern biegt man die Röhre unten um und versieht sie daselbst mit einer Kugel. Diese Kugel ist oben offen und vertritt die Stelle des Quecksilbergefäßes aus der Figur 48. Auch hier findet ein einseitiger Luftdruck Statt, denn die Atmosphäre kann nur auf das in der Kugel befindliche Quecksilber drücken. Die Höhe von 0 bis zu dem oberen Stande des Quecksilbers beträgt gleichfalls ungefähr 28 Zoll. Barometer.

Fig. 48.

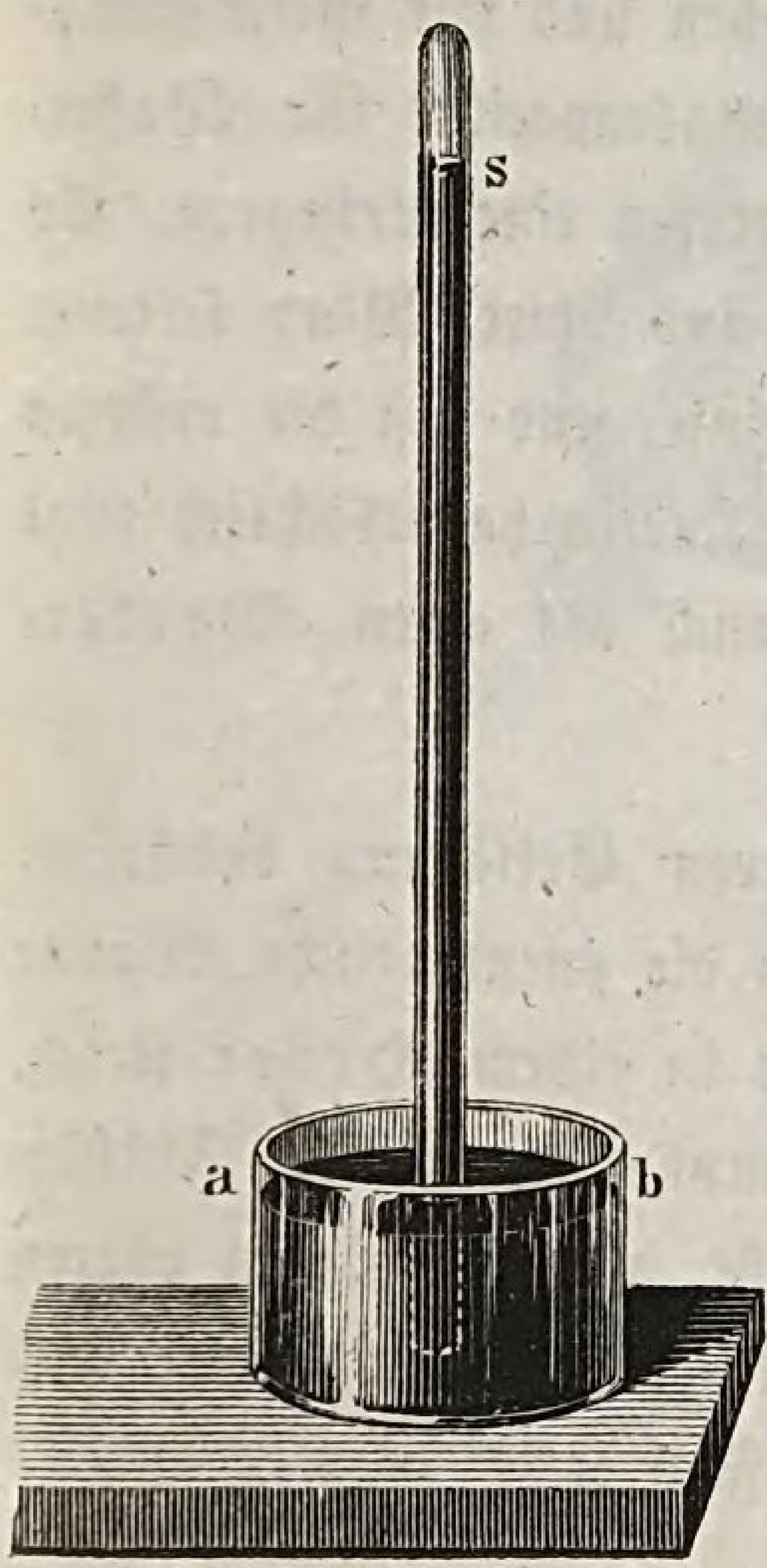
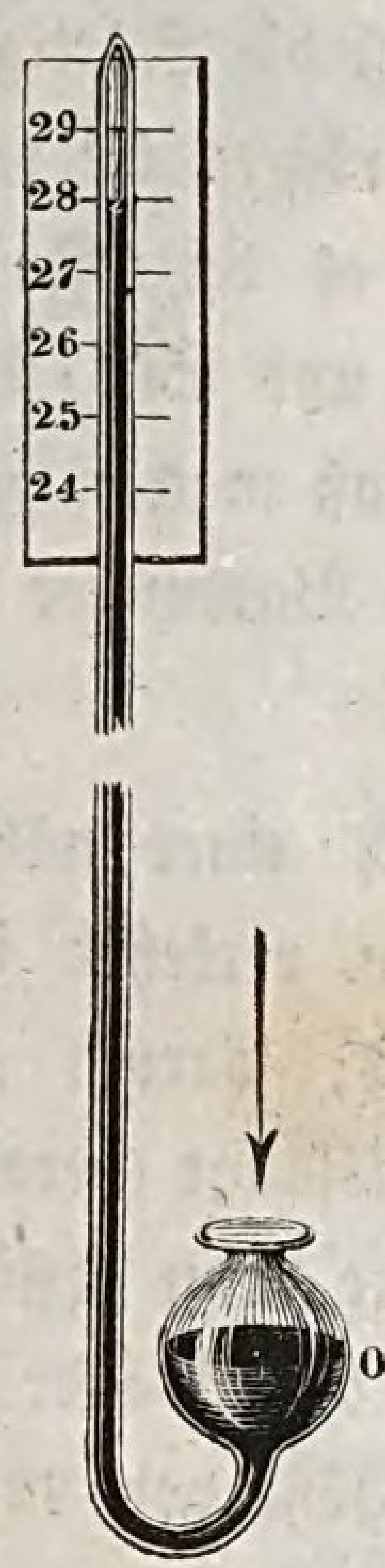



Fig. 49.




Legen wir bei einer Wage auf die eine Schale Gewichte zu, so wird die andere Schale steigen; nehmen wir Gewichte von der ersteren weg, so wird die zweite sinken. Genau dasselbe geschieht beim Barometer. Wird die Luft dichter oder schwerer, so drückt sie das Quecksilber höher hinauf und das Barometer steigt; wird sie dagegen dünner und leichter, so drückt sie schwächer auf die offene Kugel und das Quecksilber fällt oben, während es unten steigt. Um dieses Steigen und Fallen genau zu beobachten, bringt man bei dem oberen Spiegel eine in Zolle und Linien eingetheilte Scala an. Steht das Quecksilber auf 28″, so sagt man, es herrsche mittlerer Luftdruck (mittlerer Barometerstand); 29″ wird ein sehr hoher, 27″ ein sehr niedriger Barometerstand genannt.

In unseren Gegenden bringen die Ost- und Nordwinde das

Barometer als Wetterglas. Quecksilber im Barometer in der Regel zum Steigen, die West- und Südwinde zum Fallen. Die erstgedachten, aus kälteren Regionen in wärmere gehenden Winde sind trockener als die zuletzt erwähnten, welche aus wärmeren Gegenden in kältere wehen und mit mehr Feuchtigkeit beladen sind; demnach ist die Sättigungscapacität für Wasserdampf im ersteren Falle eine größere, im letzteren eine geringere. Es erscheint daher natürlich, daß es bei Ost- und Nord-Wind seltener bei uns regnet als bei West- und Süd-Wind, und daß die ersteren Winde trocknen, die letzteren naß machen. Hierin hauptsächlich liegt der Grund, warum wir das Barometer auch als einen Wetterpropheten anzusehen pflegen.

Es wird jetzt kaum noch einer näheren Erklärung bedürfen: warum das Wasser aus einem verkehrt in die pneumatische Wanne gestellten Glase nicht ausläuft; warum es in einem Heber steigt, wenn man die Luft daraus aussaugt (verdünnt); warum die Flüssigkeit aus einem Fasse unten nur dann abfließt, wenn man den oberen Spund gelüftet hat; warum das Wasser in einer Saugpumpe aufsteigt, aber nur bis zu einer Höhe von 32 Fuß 2c.

Verstärkung des Luftdruckes. 94. Vermehren wir den Druck oder die Spannung einer eingeschlossenen Luftmenge dadurch, daß wir sie entweder stärker zusammendrücken oder mehr Luft hineinbringen, so können wir sie zwingen, mit Schnelligkeit aus einer kleineren Oeffnung herauszuströmen, wie wir es im Kleinen an jedem Blasebalge, im Großen an den Gebläsen sehen. Befindet sich Wasser vor dieser Oeffnung, so wird die gespannte Luft auf dieses drücken und es als einen Wasserstrahl herauspressen.

Spritzglas. **Versuch.** Man befestige ein Stück einer engen, an der einen Seite in eine Spitze ausgezogenen Glasröhre (86.) mittelst eines durchbohrten Korkes auf einer Flasche, fülle die letztere halb voll Wasser und blase durch die Spitze mit dem Munde Luft hinein: sie wird, wenn man mit Blasen nachläßt, als ein Luftstrom durch die Spitze wieder entweichen. Kehrt man aber das Glas, so wie die Luft ein-

geblasen ist, schnell um, so kommt Wasser vor die Oeffnung der Röhre und wird aus derselben herausgespritzt. Man wendet ein solches Spritzglas häufig an, um Niederschläge, die sich auf einem Filtrum befinden, mit Wasser auszuwaschen oder von den Wänden des Filtrums wegzuspülen. Eine ganz ähnliche Vorrichtung hat man unter dem Namen Windkessel an den gewöhnlichen Feuerspritzen, damit dieselben einen zusammenhängenden, ununterbrochenen Wasserstrahl geben. Spritzglas

Fig. 50.

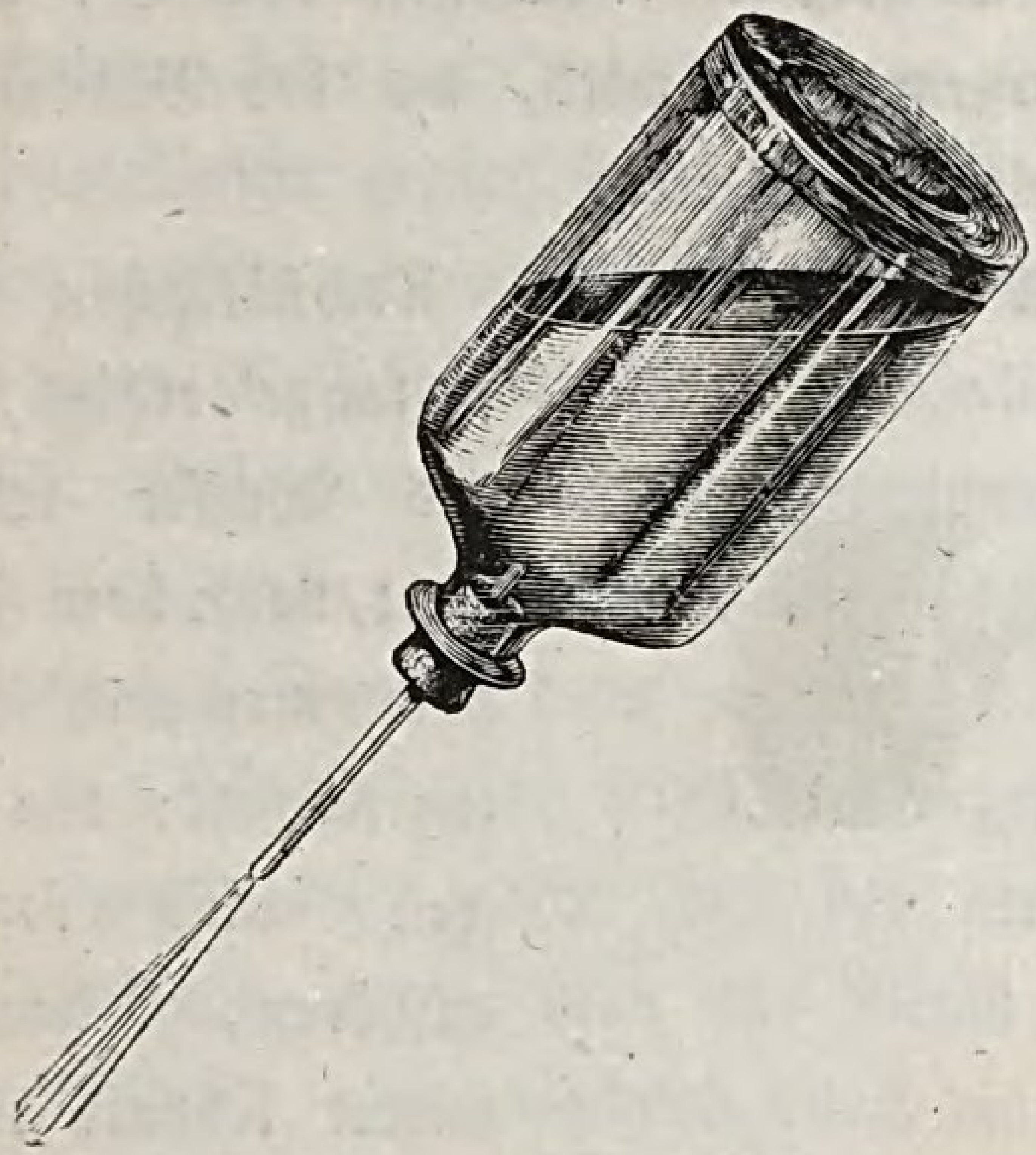
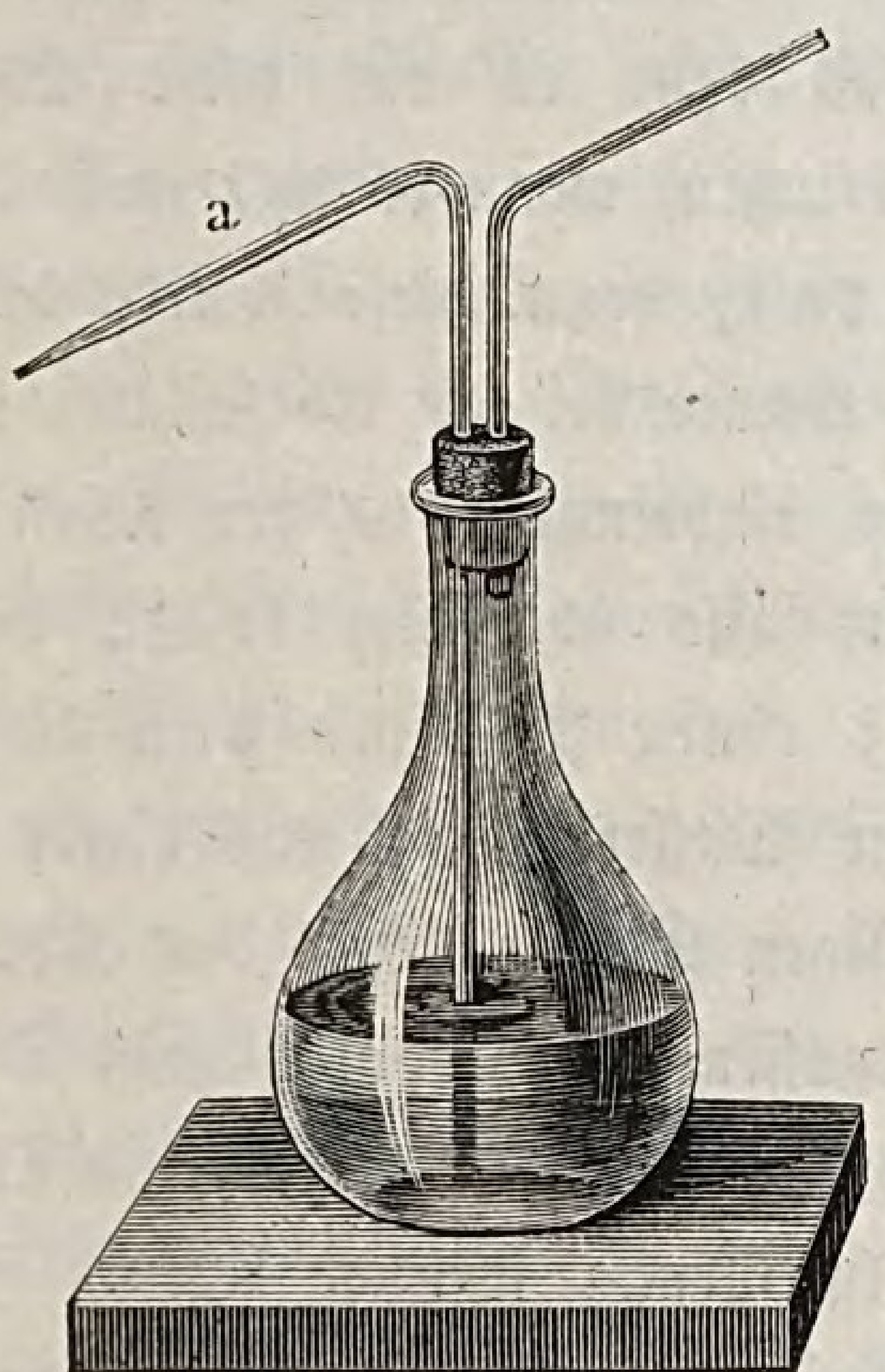


Fig. 51.




Um einen continuirlichen Wasserstrahl mit der Spritzflasche hervorzubringen oder um sich leicht heißes Wasser zum Auswaschen zu erzeugen, wendet man ein Kochfläschchen an, in dessen Kork zwei enge Glasröhren eingepaßt sind. Die kurze Röhre dient zum Einblasen von Luft; die Röhre *a*, die bis zum Boden des Kochfläschchens geht, ist in eine Spitze ausgezogen und aus ihr dringt ein gleichmäßiger Wasserstrahl heraus, wenn man in die kurze Röhre bläst und dadurch die Luft in dem Fläschchen comprimirt.

95. Von sehr großem Einflusse ist der Luftdruck auf das Kochen von Wasser und anderen Flüssigkeiten. Bringt man Was- Einfluß der Luft auf das Sieden.

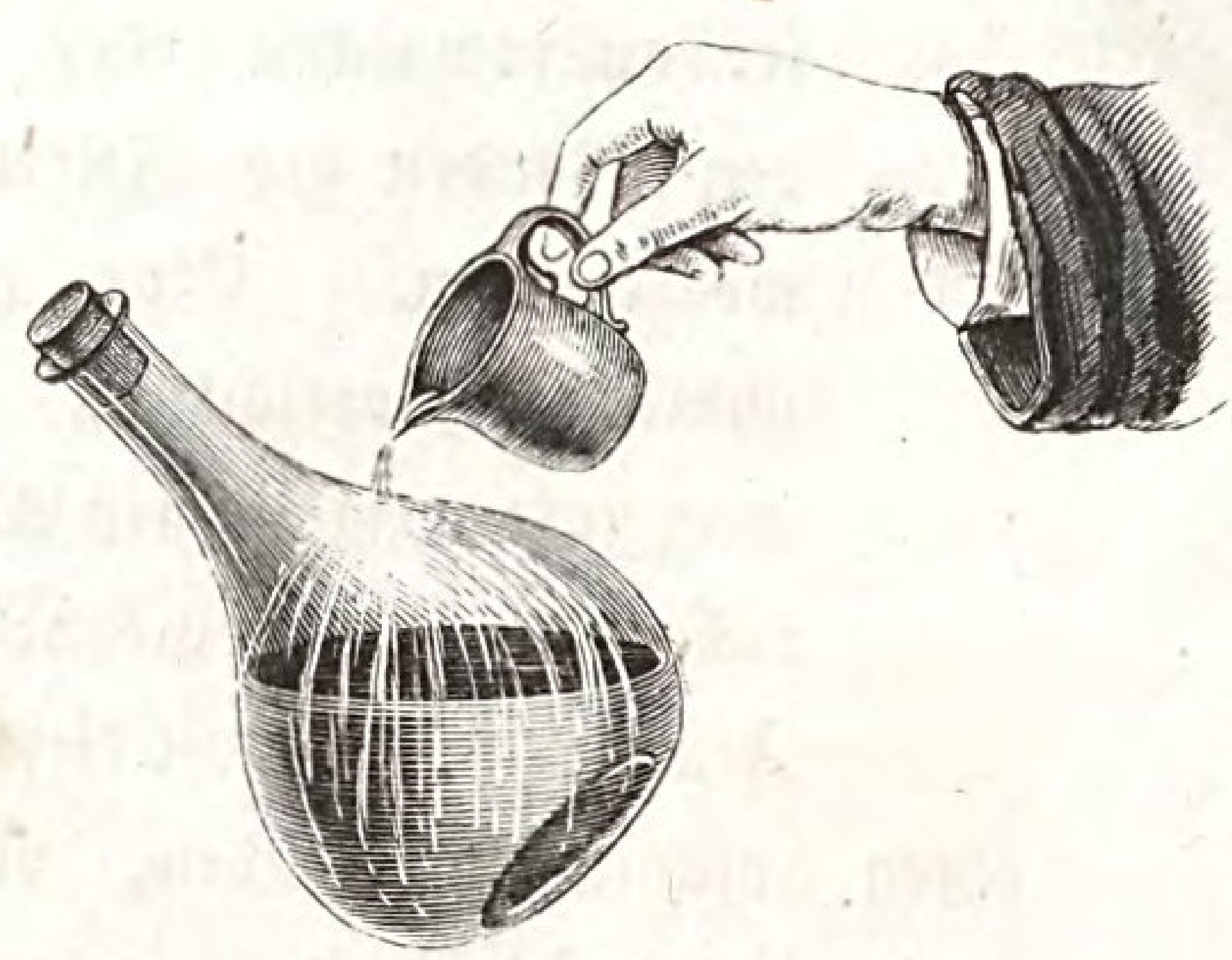
Einfluß der Luft auf das Sieden.

ser zum Sieden, während das Quecksilber im Barometer sehr niedrig steht (bei schlechtem Wetter), so wird es, selbst bei dem lebhaftesten Aufwallen, nur ungefähr 99° C. heiß sein, dagegen 101° C., wenn das Kochen zu einer Zeit vorgenommen wird, wo der Barometerstand ein sehr hoher ist (bei heiterem Wetter).

Wasser kocht schneller bei vermindertem Luftdrucke.

**Versuch.** Ein halb mit Wasser gefülltes Kochfläschchen wird so lange erhitzt, bis das Wasser lebhaft kocht, dann vom Feuer genommen und schnell zugestöpselt: das Kochen wird sogleich aufhören, dagegen wieder lebhaft beginnen, wenn man auf den oberen Theil des Gefäßes kaltes Wasser gießt.

Fig. 52.



Man kann es auf diese Weise selbst dann zum Wallen oder Kochen bringen, wenn es nur noch lauwarm ist. In dem Gefäße ist keine Luft, denn diese wurde durch den Wasserdampf herausgetrieben und konnte bei der Abkühlung und Verdichtung des letzteren nicht wieder eindringen, da der Kork ihr den Weg versperrte. Das Wasser hat also über sich keinen Luftdruck und dann k o c h t e s s c h o n b e i e i n e r W ä r m e v o n 20° C. Der leere Raum im Glase enthält nur Wasserdampf, und dieser lastet anfangs so schwer auf dem flüssigen Wasser, daß das Kochen aufhört; wird er aber durch das aufgegossene kalte Wasser zum Theil verdichtet, so vermindert sich sein Druck so sehr, daß wieder ein Theil Wasser unter kochender Bewegung luftförmig werden kann. In manchen Fabriken, z. B. in Zuckersiedereien, hat man eigene Apparate (Vacuumpfannen), um den Zuckersaft in luftleerem Raume einzukochen und zu verdampfen ꝛc.

Die Luft ist am dichtesten in der Ebene und am Meere, sie wird dagegen um so dünner, je mehr man sich von der Erde entfernt,

weil man dann weniger Luft über sich hat. Es folgt hieraus, daß das Barometer auf einem Berge niedriger stehen und das Wasser leichter kochen muß, als unten im Thale. Auf dem Gipfel des Montblanc steht das Quecksilber nur noch 16 Zoll hoch im Barometer und das Wasser geräth schon bei 84° C. in's Kochen. Man kann daher sowohl das Barometer als den Kochpunkt des Wassers dazu anwenden, um daraus die Höhe der Berge, welche sich besteigen lassen, zu berechnen.

Wasser kocht schneller bei vermindertem Luftdrucke.

96. Wie Wasser unter vermindertem Drucke leichter kocht, so kocht es unter vermehrtem Drucke schwerer. Eine Vermehrung des Druckes kann aber nicht bloß durch die Luft, sondern durch den Wasserdampf selbst hervorgebracht werden, wenn immer neuer erzeugt wird, ohne daß der bereits gebildete abziehen kann. Dies geschieht, wenn man das Gefäß, worin Wasser erhitzt wird, fest verschließt, am einfachsten durch einen fest eingeschraubten Deckel. Man nennt ein solches Gefäß, wenn es klein ist, einen Papinianischen Topf, wenn es groß ist, einen Dampfkessel, und ist im Stande, darin Wasser bis zu 200° C., ja noch höher zu erhitzen, während es unmöglich ist, es in unbedeckten Gefäßen heißer als 100° zu machen. Ist noch einmal so viel Dampf darin, als für gewöhnlich Platz hat, wenn das Gefäß offen ist, so sagt man, der Druck betrage 2 Atmosphären; bei der 3-, 4-, 5-, 10-, 20fachen Menge nennt man in gleicher Weise den Druck oder die Spannung des Dampfes 3, 4, 5, 10, 20 Atmosphären stark. Man wendet Gefäße solcher Art oft an, um ein vollständiges Eindringen des Wassers in feste und harte Körper zu bewirken; so löst z. B. das Wasser von 100° aus Knochen nur oberflächlich ein wenig Leim auf, während Wasser von 110° bis 120° die Knochen vollständig durchdringt und auch den im Innern enthaltenen Leim auszieht.

Verzögerung des Kochens durch starken Druck.

97. Luft und Wärme. Die Wärme dehnt die Luft aus, ganz auf dieselbe Weise, wie es bei den festen und flüssigen Körpern der Fall ist, nur in viel höherem Grade.

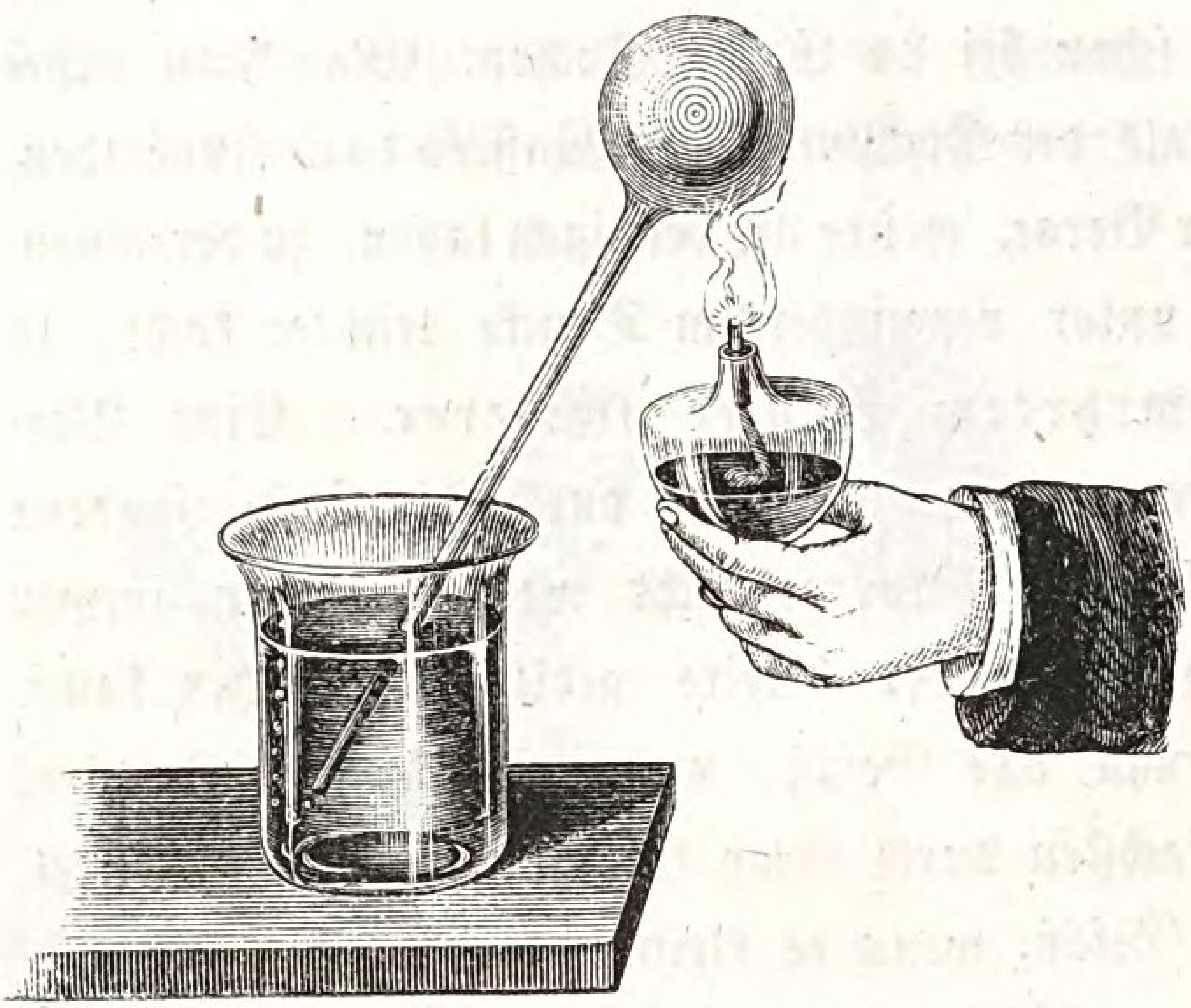
Luft wird ausgedehnt durch Wärme.

**Versuch.** Man tauche eine mit einer Kugel versehene Glasröhre in Wasser und erwärme die Kugel gelind: ein Theil der Luft

Luft wird ausgedehnt durch Wärme.

wird ausgetrieben und entweicht in Blasen durch das Wasser; die erwärmte Luft hat also in der Kugel nicht mehr Platz, sondern braucht einen größeren Raum, als sie in kaltem Zustande nöthig hatte. Hieraus folgt auch, daß die warme Luft leichter sein muß als kalte. Entfernt man die Lampe, so wird die in der Kugel gebliebene Luft sich beim Erkalten wieder zusammenziehen, und an der Stelle der ausgetriebenen Luft Wasser in die Höhe gedrängt werden.

Fig. 53.

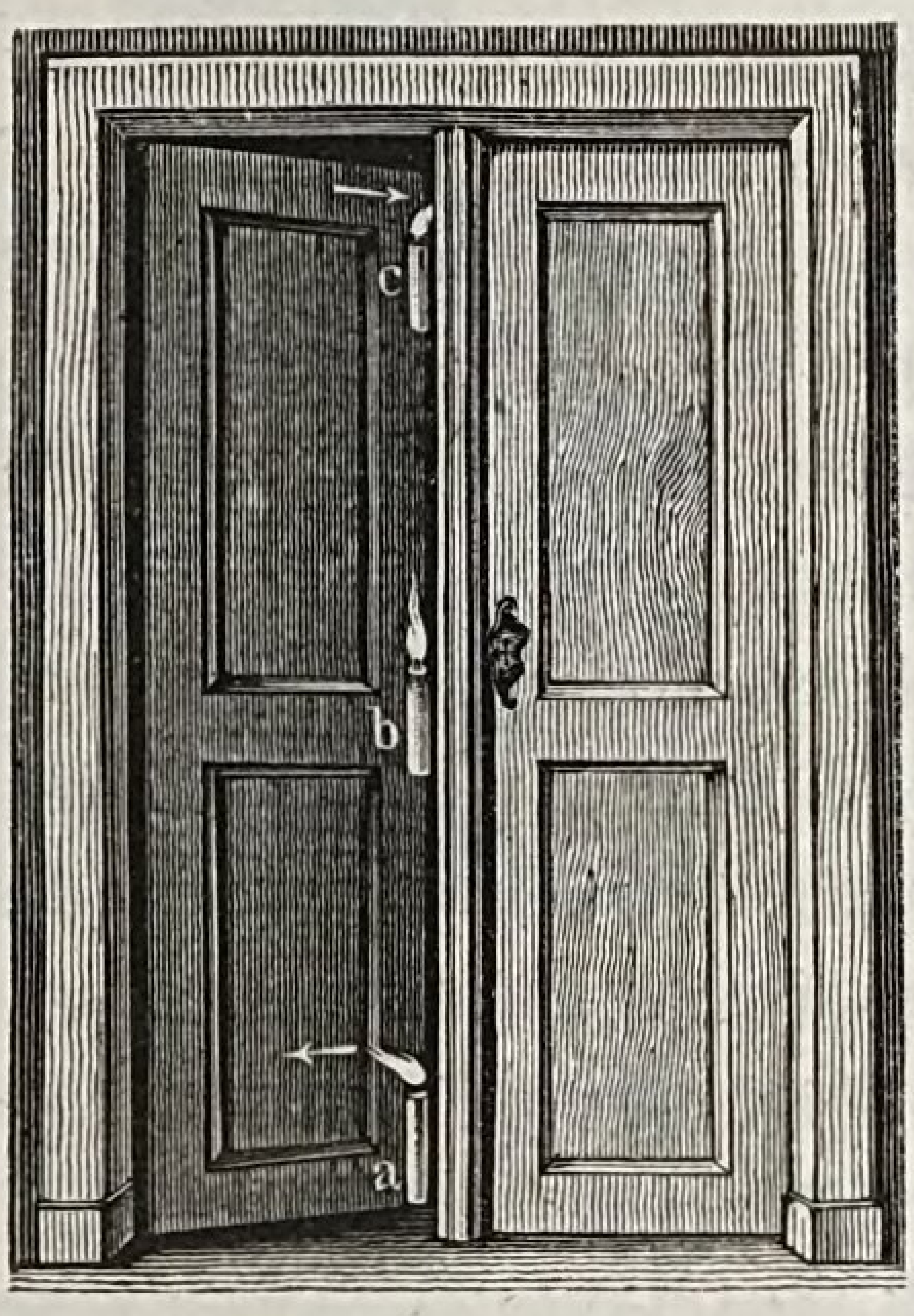


Luftströmungen.

98. Luftzug. Durch die verschiedene Leichtigkeit der warmen und kalten Luft werden eine große Menge alltäglicher Erscheinungen erklärlich. Bei unseren Zimmerheizungen erwärmt sich zuerst die den Ofen berührende Luft, und steigt, da sie durch die Erwärmung leichter wird, in die Höhe; dafür strömt von unten kältere Luft hinzu, die sich gleichfalls erwärmt und aufsteigt; es findet daher eine stete Luftcirculation Statt. Durch eine ähnliche Circulation wird die gesammte Atmosphäre in einer fortwährenden Bewegung erhalten. Unter dem Aequator steigt nämlich die stark erwärmte Luft in die Höhe und bewegt sich in den oberen Luftregionen nach den Polen zu; in den unteren Regionen dagegen strömt die kalte Luft von den Polargegenden nach dem Aequator, um hier das Gleichgewicht wieder herzustellen, welches durch das Aufsteigen der warmen Luft in jedem Augenblicke gestört wird. Man nennt die hierdurch entstehenden regelmäßigen Luftströmungen, deren Richtung aber durch den bei der Umdrehung der Erde um ihre Axe entstehenden Luftzug etwas verändert wird, Passatwinde.

In jeder geheizten Stube kann man leicht durch das bloße Gefühl wahrnehmen, daß die Luft an der Decke wärmer ist als am Fußboden. Oeffnet man eine Thür oder ein Fenster in einem solchen Zimmer, so entsteht ein Luftzug, dessen Richtung man deutlich wahrnehmen kann, wenn man ein Licht in die Oeffnung hält: die Lichtflamme wird oben bei *c* hinaus-, unten bei *a* hereingeweht, während sie in der Mitte aufrecht bleibt; es strömt also oben die leichte warme Luft aus dem Zimmer hinaus und dafür tritt unten die schwerere und kältere von außen herein. Tritt man aus der Sonne in den Schatten, so bemerkt man ebenfalls einen Luftzug; da wo die Sonne scheint, strömt nämlich die wärmere Luft aufwärts, und kältere aus dem Schatten tritt an ihre Stelle. Aus demselben Grunde muß überall, wo ein Feuer brennt, in jedem Ofen, um jedes Licht, jede Lampe herum, eine Luftströmung entstehen. Wie außerordentlich leicht die Luft durch Erwärmung werden kann, das zeigen unter Anderem die Luftballons recht deutlich, die man Montgolfieren nennt; diese werden bloß dadurch zum Steigen gebracht, daß man sie mit Luft anfüllt, welche durch ein unten angebrachtes Feuer fortwährend heiß erhalten wird. Luftströmungen.

Fig. 54.




99. Gase. Sonst kannte man nur eine Luftart, die atmosphärische Luft, die Chemie hat aber gezeigt, daß es sehr viele Arten von Luft giebt: leichte und schwere, giftige und unschädliche; Luftarten, welche brennen, andere, die zwar nicht selbst brennen, aber doch ein brennendes Licht fortbrennen lassen, noch andere, die es auslöschen ꝛc. Sie hat auch gezeigt, daß in vielen festen und flüssigen Körpern Luft- Gase.

Gase. arten versteckt oder chemisch gebunden sind, in denen man dem äußeren Ansehen nach keine vermuthen sollte; im Quecksilberoxyd z. B. Sauerstoff, im Wasser Sauerstoff und Wasserstoff ꝛc. Man benennt diese Luftarten gewöhnlich mit dem Namen Gase; ihr natürlicher Zustand ist der luftförmige, und diesen vertauschen sie nur dann mit dem festen oder flüssigen, wenn sie gezwungen werden. Die verschiedene Dichtigkeit derselben wird, ebenso wie bei den festen und flüssigen Körpern (23.), durch specifische Gewichtszahlen ausgedrückt; es ist aber wohl zu beachten, daß hiebei nicht das Wasser, sondern die atmosphärische Luft als Einheit angenommen wird.

Dämpfe. Dämpfe. Viele andere Körper werden erst luftförmig, wenn man sie erwärmt, manche leichter, z. B. Weingeist und Wasser, andere schwerer, z. B. Schwefel und Quecksilber; sie verlieren aber die Luftform wieder, sie werden wieder tropfbar oder fest, wenn man sie abkühlt. Solche Luftarten heißen Dämpfe; sie sind nur gezwungen luftförmig, ihr natürlicher Zustand ist der flüssige oder feste.

## Zusammensetzung der Luft.

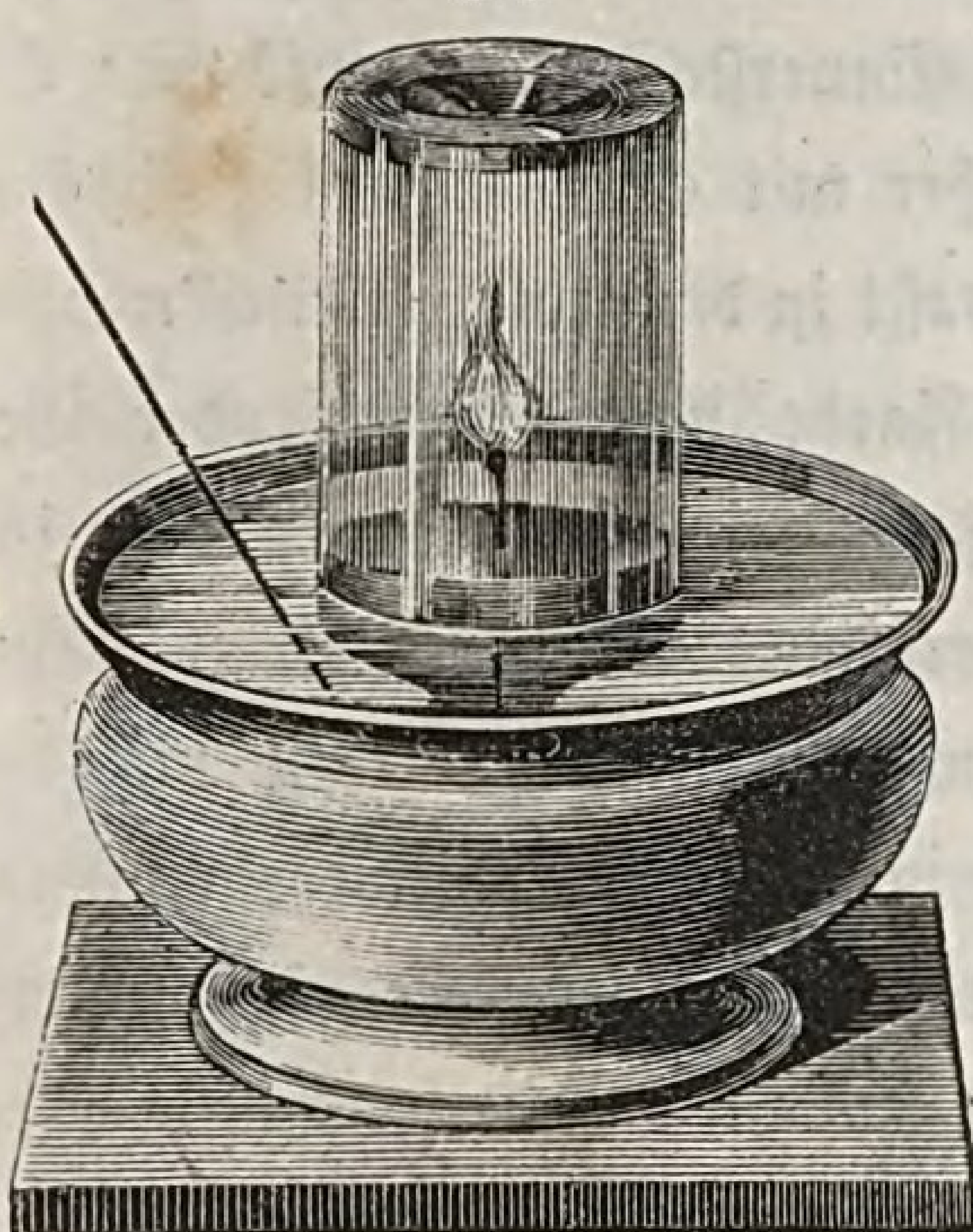
— 1777 von Scheele und Lavoisier, 1801 genauer von Gay-Lussac und Humboldt bestimmt. —

Bestandtheile der Luft. 100. Die letzte Frage, welche wir an die Luft zu richten haben, ist: Welches sind ihre Bestandtheile? denn daß sie kein einfacher Stoff, kein Element sei, wurde schon oben angeführt.

Versuch. Man binde ein Stückchen Schwamm an einen Draht, gieße einige Tropfen Weingeist darauf und halte den Draht so in eine Schüssel, in der sich Wasser befindet, daß der Schwamm einige Zoll über das Wasser zu stehen kommt; dann zünde man den Weingeist an und stürze schnell ein leeres Glas so tief darüber, daß die Oeffnung desselben etwas in's Wasser eintaucht: die Flamme wird sehr bald verlöschen, von dem Wasser aber etwas in das Glas steigen, nämlich gerade so viel, als Luft beim Verbrennen verschwunden ist. Die verschwundene Luft war Sauerstoffgas, die sich mit den

Bestandtheilen des Weingeistes verbunden hat. Die Flasche wird mit dem Finger verschlossen, tüchtig geschüttelt und unter dem Wasser wieder geöffnet, wobei ein wenig Wasser eintreten wird. Die Luft, welche noch in der Flasche ist, heißt Stickstoff, weil lebende Thiere in ihr ersticken, brennende Körper aber auslöschen. Sie bildet den Hauptbestandtheil unserer atmosphärischen Luft; in 5 Maaß der letzteren sind 4 Maaß Stickstoff enthalten, von Sauerstoff aber nur 1 Maaß. Diese zwei Grundbestandtheile sind jedoch in der Luft nicht chemisch mit einander verbunden, sondern nur mechanisch gemengt, wie, abgesehen von anderen Gründen, daraus geschlossen werden muß, daß sie bei ihrer Zusammenmengung keine Verdichtung und Aenderung ihrer Eigenschaften erfahren und schon durch Wasser allein in ihrem Mengeverhältnisse verändert werden, da dieses, mit Luft geschüttelt, mehr Sauerstoff und weniger Stickstoff daraus aufnimmt, als der Zusammensetzung der letzteren entspricht. Bestandtheile der Luft.

Fig. 55.



## Stickstoff oder Nitrogen (N).

(At.-Gew. = 175. Specif. Gew. = 0,97.)

— 1772 von Rutherford nachgewiesen; 1775 von Scheele und Lavoisier näher bestimmt. —

101. Das Stickstoffgas, dessen Bereitung eben angegeben wurde, führt seinen Namen mit Unrecht, wie sich schon daraus abnehmen läßt, daß wir es unausgesetzt in der Luft einathmen und wieder ausathmen, ohne irgend einen Nachtheil zu bemerken; es wirkt nur erstickend, wenn es keinen Sauerstoff enthält und weil es keinen enthält. Der menschliche Körper ist so eingerichtet, daß er die zu seinem Gedeihen dienenden Stoffe nicht in der reinsten Gestalt ver- Stickstoff.

Stickstoff. tragen kann; der starke Weingeist wirkt giftig, belebend dagegen, wenn er mit 4- bis 5mal so viel Wasser verdünnt ist, wie z. B. in dem Wein. Ebenso würde auch der reine Sauerstoff das menschliche Leben bald aufreiben; wir finden ihn daher mit 4mal so viel Stickstoff verdünnt und unserem Bedürfnisse angepaßt in der atmosphärischen Luft

Das Stickstoffgas hat weder Farbe noch Geruch oder Geschmack und ist in chemischer Beziehung als ein sehr träger oder indifferenter Stoff anzusehen, denn es verbindet sich durch directes Zusammenbringen mit keinem einzigen anderen Körper. Will man es mit einem solchen vereinigen, so muß man immer Umwege einschlagen. Es ist aber sehr verbreitet in der Natur, besonders im organischen Naturreiche, denn wir finden es in allen Pflanzen und allen Thieren. Auch in dem Salpeter oder Nitrum ist es enthalten, und dies hat Veranlassung gegeben, ihm den Namen Nitrogen (Salpetererzeuger) und das Zeichen N beizulegen

Wasserdunst und Kohlensäure in der Luft.

102. Außer dem Stick- und Sauerstoff enthält die Luft immer noch Wasserdunst und Kohlensäure. Die Gegenwart des ersteren wird deutlich genug aus dem Regen, Schnee, Thau ꝛc. klar, die aus der Luft herabfallen; von der steten Anwesenheit der Kohlensäure aber kann man sich leicht überzeugen, wenn man, wie in Nro. 46. angegeben, Kalkwasser an der Luft stehen läßt oder in einer Flasche mit Luft schüttelt. Der Kalk hat die Fähigkeit, die Kohlensäure an sich zu ziehen und mit ihr ein unlösliches Salz (kohlensauren Kalk oder Kreide) zu bilden; die entstehende Trübung ist die Folge davon; sie ist das »Ja« auf die durch das Kalkwasser an die Luft gerichtete Frage. Fragt man, woher diese Kohlensäure komme? so dient zur Antwort: sie bildet sich überall wo Körper verbrennen, wo Menschen und Thiere athmen und wo Thier- und Pflanzenstoffe verwesen oder verfaulen. In Wohnstuben, Schlafstuben und anderen abgeschlossenen Localen, in denen Menschen sich aufhalten, wird die Luft immer verschlechtert, d. h. ärmer an Sauerstoff und dafür reicher an Kohlensäure; zur Erhaltung der Gesundheit ist demnach eine öftere Lufterneuerung (Ventilation) nöthig.

In 100 Maaßen Luft, wie sie im Freien vorkommen, sind ungefähr enthalten: Wasserdunst und Kohlensäure in der Luft.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 79 | Maaß | Stickstoff | oder | N, |
| 21 | » | Sauerstoff | » | O, |
| $\frac{1}{30}$—$\frac{1}{15}$ | » | Kohlensäure | » | $CO_2$, |

und sehr veränderliche Mengen von Wasserdunst » HO.

Daß die Luft auch noch andere Beimengungen enthalten müsse, kann nicht befremden, wenn man bedenkt, daß Alles, was auf unserer Erde sich verflüchtigt oder verstäubt von ihr aufgenommen wird. Die von den Gewürzinseln kommende Luft riecht noch in einer Entfernung von 8 bis 10 Meilen nach Zimmt und Nelken; den in der Luft enthaltenen Staub sieht man deutlich an den Stellen, wo ein Sonnenstrahl durch sie hindurchgeht ꝛc. Diese Beimengungen sind jedoch gewöhnlich so gering, daß sie sich dem Gewichte oder Maaße nach nicht bestimmen lassen. Für die Vegetation sind insbesondere noch die in der Luft immer enthaltenen kleinen Mengen von Ammoniak, Salpetersäure und Kochsalz wichtig, da sie, sei es indem sie durch Regen und Thau auf die Erde herabgespült oder durch die grünen Theile der Pflanzen direct aus der Luft angezogen werden, zu deren Wachsthum wesentlich beitragen.

## Kohle und Feuer.

### Kohlenstoff oder Kohle (Carbon = C).

(At.-Gew. = 75.)

— Kohlenstoff der organischen Körper lange bekannt; im Graphit 1779, im Diamant 1773 nachgewiesen. —

103. Ein Stück Holz, auf eine heiße Ofenplatte gelegt, wird braun, endlich schwarz: es verkohlt; ein brennender Spahn, mit Wasser begossen, löscht aus: er zeigt sich auch verkohlt; ein Stück Leinwand wird zu Zunder, wenn wir es anbrennen und das Feuer nachher wieder ausdrücken. Zunder ist verkohlte Leinwand. Im ersten Falle war die Hitze nicht stark genug, um das Holz ganz zu verbrennen, im zweiten wurde das vollständige Verbrennen durch Abkühlung verhindert, in dem dritten durch Abschluß der Luft. Alle Pflanzen- Alle organischen Körper enthalten Kohle.

Alle organischen Körper enthalten Kohle.

und Thierstoffe werden, wenn man sie nur unvollständig verbrennen läßt, in Kohle verwandelt. Da die Kohle bei Abschluß der Luft auch in der stärksten Hitze unschmelzbar ist, so ist das Aeußere derselben, je nach der Beschaffenheit und Structur der Substanzen, aus denen sie dargestellt wurde, sehr verschieden; ja diese Verschiedenheit erstreckt sich oft auch auf die inneren Eigenschaften der Kohle (Holzkohle, Ruß, Coaks, Knochenkohle ꝛc.). Bei der Verkohlung organischer Körper wird die Kohle nicht erst erzeugt, sondern sie war vorher schon in diesen Körpern, aber in einer chemischen Verbindung mit anderen Stoffen, welche beim Erhitzen größtentheils fortgehen, was man leicht daran erkennt, daß der verkohlte Körper viel weniger wiegt als er vorher wog. Alle Pflanzen und Thiere bestehen demnach zum Theil aus Kohle, oder, wie man in der Chemie sagt, aus Kohlenstoff oder Carbon (= C).

Kohle im Mineralreiche.

Außerdem finden wir den Kohlenstoff auch im Mineralreiche; so macht er den Hauptbestandtheil der Steinkohlen, Braunkohlen ꝛc. aus, die jedenfalls aus den Pflanzen einer früheren Zeit gebildet worden sind; so findet er sich fast rein im Diamant und Graphit; so ist er, mit Sauerstoff chemisch verbunden, in dem Kalkstein, Marmor, der Kreide und anderen Steinarten enthalten.

Kohle aus Holz.

104. Holzkohle (C mit einer geringen Menge Asche, Wasserstoff und Sauerstoff).

**Versuch.** Man bedecke einen brennenden Holzspahn nach und nach mit einem Probirgläschen: er wird nur außerhalb desselben mit Flammen brennen, im Innern dagegen, weil die Luft abgehalten ist, nur verkohlen. Auf eine ähnliche Weise bereitet man sich im Großen Holzkohle, indem man Holzstöße (Meiler) errichtet, diese mit Rasen und nasser Erde bedeckt und nachher durch hinzugeschüttete glühende Kohlen im Innern anbrennt. Diese würden aber

Fig. 56.



aus Mangel an Luft wieder auslöschen, wenn man nicht an verschie- Kohle aus Holz.
denen Punkten des Meilers mit Holzstangen (Schürbäumen) Löcher durch die Erddecke stieße, durch welche frische Luft eindringen und die verbrannte Luft entweichen kann. Es darf aber nur so viel Luft hinzugelassen werden, als zur Verkohlung oder halben Verbrennung des Holzes gerade nöthig ist. Ist dieses in der Gegend, wo eine Oeffnung sich befindet, geschehen, so verschließt man die letztere und stößt eine neue an einer anderen Stelle ein, wodurch sich das Feuer im Innern des Holzstoßes nach diesem Punkte hinzieht. Zuletzt verstopft man alle Oeffnungen sorgfältig, damit das Feuer ersticke. Nach dem Erkalten findet man das Holz durch und durch schwarz und verkohlt, man kann aber das Gefüge und die Jahresringe daran noch deutlich erkennen. 1 Pfd. Holz giebt ungefähr 1/4 Pfd. Holzkohle.

105. **Versuche mit Holzkohle.**

**Versuch** a. Man wäge ein Stück frisch ausgeglühte Kohle und lasse sie einen Tag an einem feuchten Orte liegen: sie wiegt jetzt mehr als vorher, weil sie im Stande ist, Luft und Wasserdunst einzusaugen und in sich zu verdichten. Taucht man die Kohle jetzt in heißes Wasser, so wird die Luft in unzähligen Bläschen wieder aus der Kohle entweichen; das schwerere Wasser treibt sie aus und dringt an der Stelle der Luft in die kleinen Zwischenräume oder Poren der Kohle ein. Das Platzen und Herumspringen solcher Kohlen, wenn sie in's Feuer geworfen werden, erklärt sich hierdurch leicht; die schnelle Hitze dehnt die in der vollgesogenen Kohle enthaltenen Luftarten und Wasserdünste so stark aus, daß die letzteren, um entweichen zu können, die Kohle zersprengen. Blanke Stahlwaaren packt man oft in Kohlenpulver ein, damit die Luft im Innern der Packete trocken erhalten und der Stahl vor dem Rosten geschützt werde. Ebenso kann die zerklei-

Holzkohle verschluckt Luftarten und Dämpfe.

Fig. 57.



nerte Kohle, wegen ihrer Saugkraft, benutzt werden, um Krankenzimmer und andere mit ungesunden Ausdünstungen und Luftarten angefüllte Räume zu reinigen.

Holzkohle verschluckt Farbstoffe. Versuch b. Frisch geglühte Holzkohle wird zu einem groben Pulver zerrieben und auf ein Papierfiltrum geschüttet. Auf diese Kohle gieße man nun Rothwein, oder Wasser, welches man durch einige Tropfen Tinte schwarz gefärbt hat: die Flüssigkeit wird farblos oder wenigstens viel blasser aus dem Trichter ablaufen, weil die Kohle den Farbstoff absorbirt oder zurückhält. In den Zuckersiedereien benutzt man diese Eigenschaft der Kohle, um den braunen Zuckersyrup farblos zu machen.

Holzkohle verschluckt riechende Stoffe. Versuch c. Filtrirt man fauliges und schmutziges Wasser durch Kohle, so verliert das Wasser seinen fauligen Geschmack und wird hell und farblos. In großen Städten, wo Mangel an Trinkwasser ist, pflegt man nicht selten das unappetitlichste Flußwasser durch bloße Filtration durch Kohle wieder trinkbar zu machen. Auf ähnliche Weise läßt sich dumpfig gewordenes Getreide reinigen, wenn man dasselbe mit Kohlenpulver genau vermengt und einige Wochen damit in Berührung läßt. Die Kohle vermag auch das Eintreten der Fäulniß bei Pflanzen- oder Thierstoffen auf längere Zeit zu verhindern; so bleibt Wasser in Fässern, die man inwendig etwas verkohlte, Jahre lang trinkbar; so halten sich die Kartoffeln zur Frühjahrszeit in den Kellern länger ohne zu keimen und zu faulen, wenn man die Zwischenräume mit Kohlenpulver ausfüllt; selbst Fleisch geht langsamer in Fäulniß über, entwickelt wenigstens keinen fauligen Geruch, wenn man es in Kohlenpulver einpackt, da dieses die sich erzeugenden stinkenden Gasarten einsaugt.

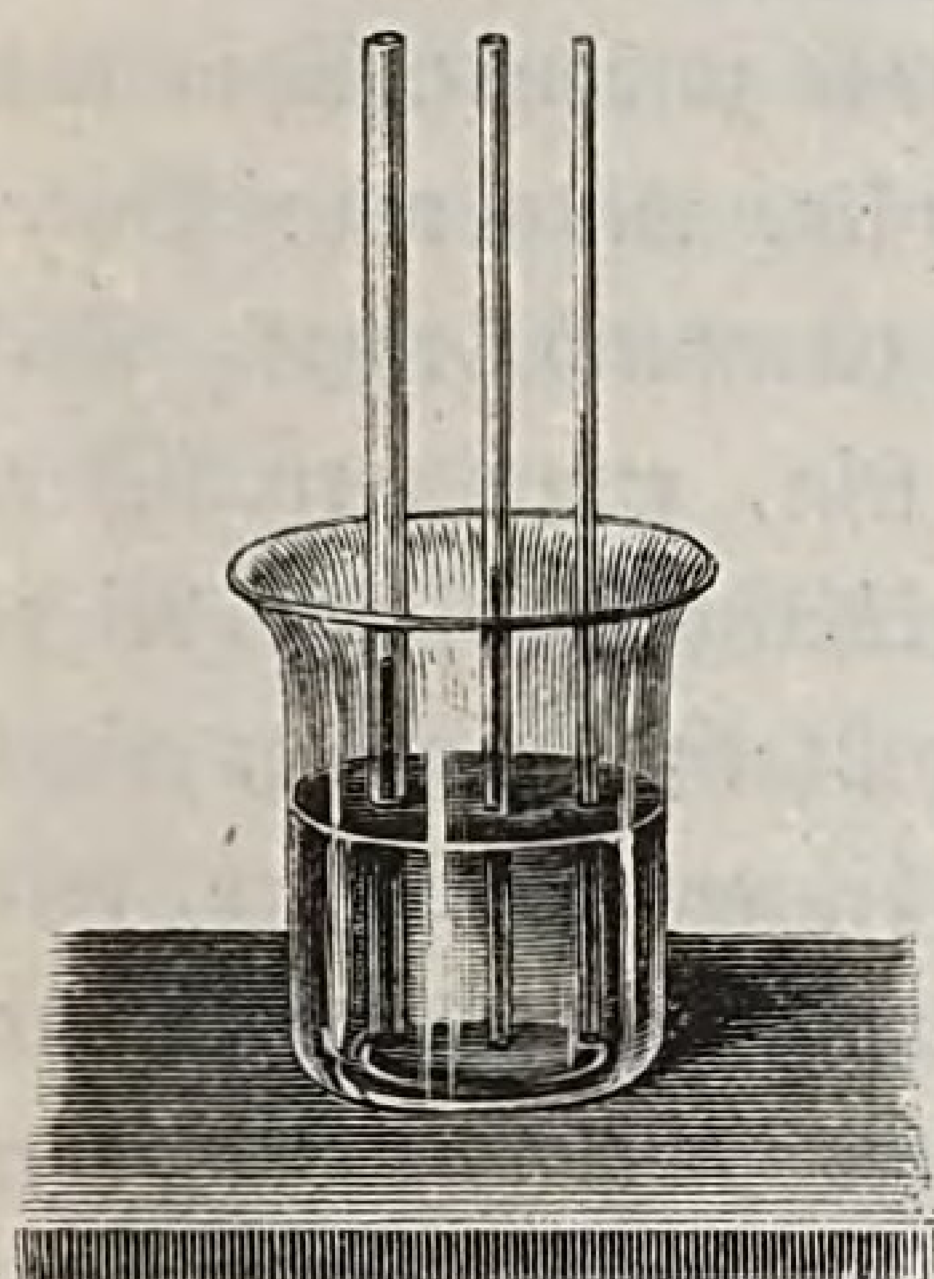
Holzkohle verschluckt Oele ꝛc. Versuch d. Ordinairer Branntwein wird durch Kohle angenehmer von Geruch und Geschmack, weil das Fuselöl desselben in den Poren der Kohle zurückgehalten wird; Bier verliert durch Kohle seine Bitterkeit, weil die Hopfenbestandtheile von der letzteren aufgesaugt werden

Adhäsion. 106. Die Ursache dieser merkwürdigen Kraft der Kohle, so verschiedenartige Stoffe an sich zu ziehen und in sich festzuhalten, liegt

in dem schwammartigen, porösen Zustande derselben. Gießt man Wasser auf eine Glasscheibe, so bleibt eine dünne Schicht davon an der Oberfläche hängen und die Scheibe wird benetzt; sie hat also die Kraft, Wasser festzuhalten. Man nennt diese Kraft Flächenanziehung oder Adhäsion. Viel stärker sehen wir diese Adhäsion in engen Glasröhren, wenn man diese in Wasser taucht; das Wasser steigt in ihnen in die Höhe, und zwar um so höher, je enger die Röhren sind und je mehr die concave Oberfläche der Flüssigkeit gekrümmt ist. Man nennt diese Art der Adhäsion Capillarität oder Haarröhrchenanziehung. Sie ist es, die das Aufsteigen des Oeles in den Lampendochten, wie das des Wassers in dem Löschpapier, im Zucker, in den Mauern 2c. bewirkt. Auf ganz ähnliche Weise ziehen alle festen Körper, welche viele Poren, also auch viele Zwischenwände haben, Flüssigkeiten und Luftarten an. In einem wallnußgroßen Stücke von Holzkohle befinden sich viele Hunderte von Scheidewänden, die, wenn man sie neben einander legen könnte, eine mehr als 1000mal so große Fläche bedecken würden, als das Stück Kohle allein bedeckt. Die Anziehungskraft dieser großen Fläche ist so gewaltig, daß die Kohle von manchen Luftarten 80- bis 90mal so viel einsaugen kann, als sie selbst Raum einnimmt. Es ist sehr wahrscheinlich, daß diese Luftarten bei einer solchen Zusammendrängung in einen 80- bis 90mal kleineren Raum in dem Innern der Kohle fest oder flüssig werden.

Adhäsion.

Fig. 58.



Porosität der Holzkohle.

Bei dem Platinschwamme (85 c.), einem noch poröseren Körper als die Kohle, entsteht in Folge der Aufsaugung von Sauerstoff und Wasserstoff eine bis zum Glühen des Platins gehende Erhitzung. In geringerem Grade tritt auch bei der Holzkohle Erwärmung ein, wenn sie Gasarten verschluckt, ja diese kann ebenfalls, namentlich bei Aufhäufung großer Massen von pulverisirter Kohle, bis zum Erglühen,

Selbstentzündung.

bis zur Selbstentzündung derselben gehen, wie manche, besonders in Pulverfabriken vorgekommene Unglücksfälle gezeigt haben.

Chemische Verbindung durch poröse Körper.

Wasserstoffgas und Sauerstoffgas vereinigen sich nicht chemisch mit einander, wenn man sie auch noch so lange zusammenstehen läßt, sie vereinigen sich aber augenblicklich zu Wasser, wenn man Platinschwamm mit dem Gemenge in Berührung (Contact) bringt. Diese Wirkungsweise wird jetzt leicht zu begreifen sein, wenn man sich erinnert, daß die chemische Kraft nur in der größten Nähe, also bei der innigsten Berührung der Körper, wirkt. Im Platinschwamme, wie in anderen porösen Körpern, können Gasarten bis auf den 80sten, ja in ersterem bis auf den 800sten Theil ihres Volumens verdichtet werden; sie müssen sich also darin 80- bis 800mal näher und inniger berühren.

Verschiedene Arten von Kohle.

107. Außer der Holzkohle finden vorzugsweise noch folgende Arten von Kohle mannigfache Anwendung:

Kohlenstoff als Ruß.

Ruß oder Kienruß (C mit anhängenden brenzlichen Stoffen) ist höchst feiner Kohlenstaub, der sich aus gasförmigen Kohlenstoffverbindungen, gewöhnlich aus Leuchtgas, z. B. aus der Flamme von Steinkohle, Holz, Oel, Harz 2c., dann absetzt, wenn während des Verbrennens nicht genug Luft hinzutreten kann. Eine besonders feine Sorte davon heißt Lampenschwarz (116.). Von den beigemengten brenzlichen Stoffen befreit man den Ruß entweder durch Ausglühen in gut bedeckten Gefäßen oder durch Ausziehen desselben mit starkem Weingeist. Der Ruß ist bekanntlich unsere wichtigste schwarze Farbe (Tusche, Druckerschwärze).

Kohlenstoff als Coak.

Coaks oder verkohlte Steinkohlen (C mit wechselnden, oft bedeutenden Mengen von Asche oder Schlacke) sind grau, mehr oder weniger porös, sehr hart und metallisch glänzend; sie verbrennen ohne Ruß und geben dabei eine sehr starke Hitze und werden daher als ein treffliches Brennmaterial, z. B. beim Eisenschmelzen und bei Dampfwagen, benutzt. Bei der Bereitung von Leuchtgas aus Steinkohlen gewinnt man sie als Nebenproduct (118.).

Kohlenstoff aus Knochen.

Knochenkohle (C innig gemengt mit Knochenerde, meist auch etwas Stickstoff enthaltend) wird durch Erhitzung der Knochen in verschlossenen Gefäßen gewonnen. Ihr Gehalt an Kohle beträgt zwar

nur ungefähr 1/10 (die übrigen 9/10 sind Knochenerde), dessenungeachtet aber ist ihre entfärbende Kraft so stark, daß sie allen anderen Kohlenarten als Entfärbungsmittel von braunem Zuckersyrup oder anderen dunklen Flüssigkeiten vorgezogen wird. Kohlenstoff aus Knochen.

Ganz abweichende, merkwürdige Eigenschaften zeigen zwei im Mineralreiche vorkommende Arten von Kohlenstoff: der Graphit und der Diamant.

**Graphit** oder Wasserblei (krystallisirter **schwarzer** Kohlenstoff), eine graue, metallisch glänzende Masse, ist so abfärbend, daß wir unsere Bleistifte daraus darstellen und eisernen Gegenständen damit einen metallisch glänzenden Anstrich geben (Eisenschwärze); er ist so weich und schlüpfrig, daß wir ihn zur Verhinderung der Reibung der Wagenschmiere, Maschinenschmiere ꝛc. zusetzen; er ist endlich so äußerst schwer verbrennlich im Feuer, daß man Schmelztiegel daraus macht, welche die stärkste Hitze aushalten, ohne zu verbrennen (Passauer Schmelztiegel). Kohlenstoff als Graphit.

**Diamant** (krystallisirter **farbloser** Kohlenstoff) ist der härteste aller Körper. Er hat zwar äußerlich nicht die entfernteste Aehnlichkeit mit der gewöhnlichen Kohle, man kann ihn aber in Sauerstoffgas vollständig verbrennen und erhält dabei nur Kohlensäure, und zwar genau so viel, als ob man ein eben so schweres Stück reine Holzkohle oder Coak verbrannt hätte. Soll ein Körper krystallisiren, so muß er vorher flüssig gemacht werden; dies geschieht entweder durch Schmelzung oder Auflösung. Wir können weder das eine noch das andere mit der Kohle; sie schmilzt in der stärksten Hitze nicht, sie löst sich ferner in keiner uns bis jetzt bekannten Flüssigkeit auf. Sollte es einst gelingen, ein Mittel aufzufinden, um sie flüssig zu machen, so würden sich die Diamanten unfehlbar auch künstlich nachbilden lassen. Kohlenstoff als Diamant.

108. Der Kohlenstoff zeigt auf eine recht anschauliche Weise, wie ein und derselbe Körper in ganz verschiedenen Gestalten und mit ganz verschiedenen Eigenschaften auftreten kann. In der Holzkohle, dem Ruß, Coak und der Thierkohle ist er schwarz ohne eine bestimmte Gestalt (amorph), und leicht verbrennlich; im Graphit ist er schwarz, blätterig krystallisirt und äußerst schwer verbrennlich; im Diamant Dimorphie und Polymorphie.

Dimorphie und Polymorphie. farblos, wie eine 4seitige Doppelpyramide krystallisirt und ebenfalls schwer zu verbrennen. Kann ein Körper zwei oder noch mehr verschiedene Gestalten annehmen, so heißt er im ersteren Falle dimorph (2gestaltig), im letzteren polymorph (vielgestaltig).

Allotropie. Man nennt diese Fähigkeit mancher Elemente, in solchen verschiedenen Zuständen aufzutreten, auch Allotropie (allo — ungleiche, tropie — Beschaffenheit) und bezeichnet sie durch Beifügung von griechischen Buchstaben zu den chemischen Zeichen. Hiernach kommt der Kohlenstoff in folgenden drei allotropischen Zuständen oder Modificationen vor: als $C\alpha$ im Diamant, als $C\beta$ im Graphit und als $C\gamma$ in der Holzkohle.

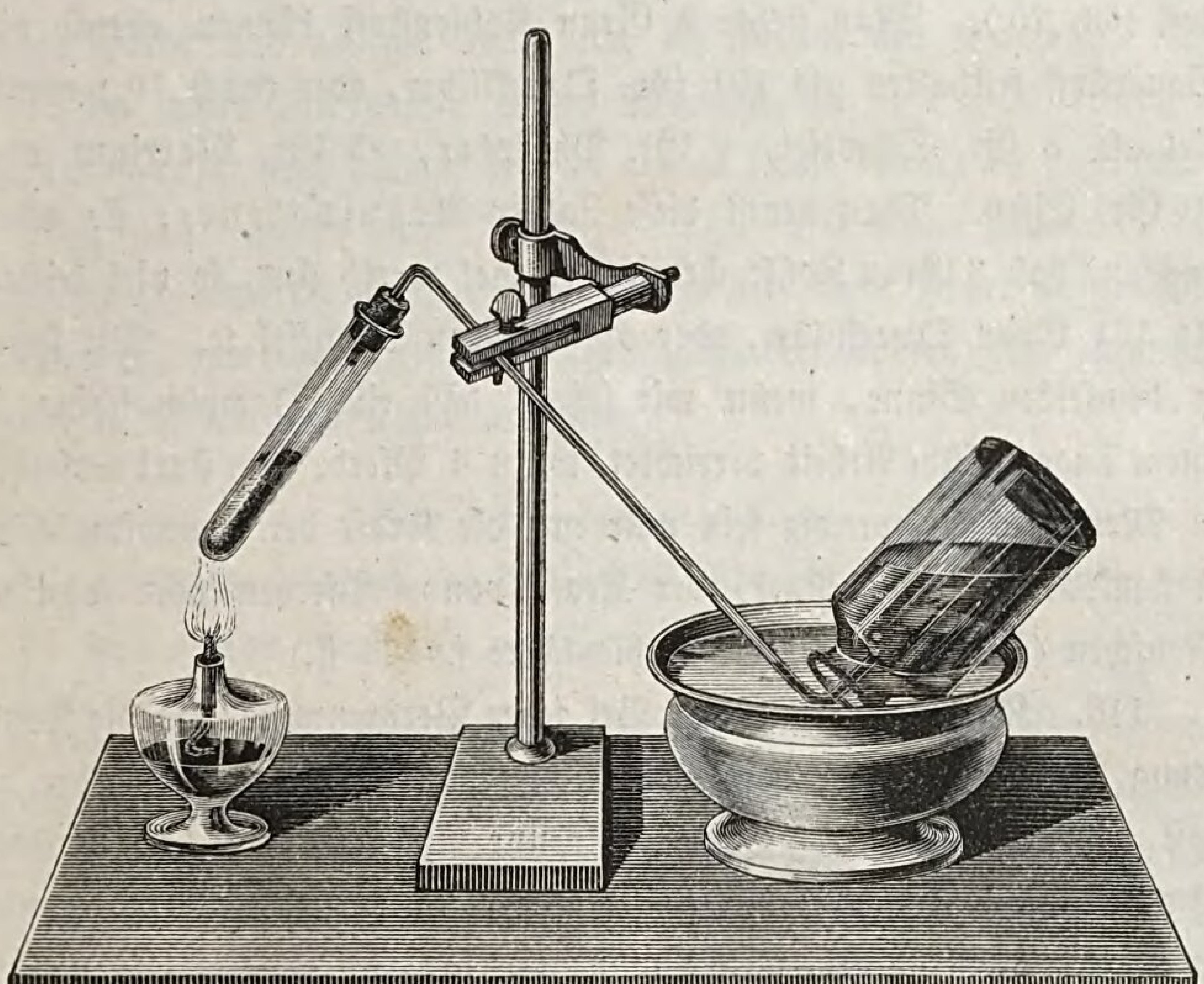
Die Ursache dieser Verschiedenheit liegt jedenfalls in der Art und Weise, wie die kleinsten Theilchen oder die Atome des Kohlenstoffs mit einander verbunden sind. Dieselben Fasern der Baumwolle, welche nach dem Kämmen parallel neben einander liegen, geben, verworren durch einander geschlungen Papier oder Pappe, locker verschlungen Watte, gewunden Garn, regelmäßig gekreuzt Kattun; bei veränderter Verkettung Strumpfwaaren, Sammet, Velpel u. s. w Was der Mensch hier künstlich vermag, das vermag auch die Natur durch physikalische und chemische Kräfte, nur auf eine ungleich feinere, künstlichere und mannigfaltigere Weise. Wir sehen die Zusammenfügung der Atome zwar nicht mit unseren Augen, auch nicht durch das stärkste Vergrößerungsglas, wissen daher auch nicht genau, ob diese Vorstellungsweise richtig ist; wir halten die letztere aber doch für gerechtfertigt und für sehr nützlich, weil wir durch sie in den Stand gesetzt werden uns die gedachten Verschiedenheiten auf eine einfache und ungezwungene Art zu erklären

Kohle und Sauerstoff. 109. Kohle und Sauerstoff. Läßt man Kohle an der Luft oder in der Erde liegen, so verändert sie sich nicht: sie ist unverweslich und unzerstörbar bei gewöhnlicher Temperatur, d. h. sie geht keine Verbindung mit dem Sauerstoff der Luft oder des Wassers ein. Dies geschieht aber sehr leicht und schnell, wenn man sie bis zum Glühen

erhitzt, wie allgemein bekannt ist; sie verbrennt und verschwindet darin bis auf einen unbedeutenden Rückstand von Asche. Die Hitze, welche dabei entwickelt wird, ist eine Folge ihrer chemischen Verbindung mit dem Sauerstoff der Luft. Die dadurch gebildete Luftart heißt Kohlensäure; sie giebt mit Kalkwasser einen weißen Niederschlag (kohlensauren Kalk), wie dies schon mehrmals erwähnt worden ist. Die Kohlensäure besteht aus 1 At. Kohlenstoff und 2 At. Sauerstoff, hat also die Formel = $CO_2$. Man erhält sie auch auf folgende Weise: Kohle und Sauerstoff.

Kohlensäure. Versuch. 109 Gr. Quecksilberoxyd werden mit 4 Gr. Kohle gemengt und in einem Probirgläschen erhitzt Kohlensäure; $CO_2$.

Fig. 59.



(wie bei 56.). In dem hiebei gewonnenen Gase löscht ein brennender Holzspahn aus, es ist also kein Sauerstoff. Schüttelt man Kalkwasser mit demselben, so entsteht eine Trübung und der Finger wird beim Umschütteln des Gefäßes angezogen oder vielmehr durch die atmosphärische Luft in den Glashals gedrückt, ein Beweis, daß die

Kohlensäure; $CO_2$. Luftart vom Kalkwasser verschluckt wurde und ein luftleerer Raum im Innern des Glases entstand. Wurde nach 56. Quecksilberoxyd für sich erhitzt, so zerfiel es in Quecksilber und Sauerstoff; dies geschieht auch hier, allein der Sauerstoff entweicht nicht als solcher, sondern verbindet sich zuvor mit einem Theile der vorhandenen Kohle: das entweichende Gas ist demnach Kohlensäure. Das Quecksilber findet sich als ein Metallspiegel an dem oberen, kälteren Theile des Probirgläschens. Nach Beendigung des Versuches findet man noch etwas Kohle am Boden, denn es haben sich nur 3 Gran davon mit den im Quecksilberoxyd enthaltenen 8 Gr. Sauerstoff verbunden, also genau so viel als bei der Verbrennung der Kohle in reinem Sauerstoff (63. 70.). Man sieht: 3 Gran Kohlenstoff können ebenso viel Sauerstoff festhalten als 101 Gr. Quecksilber, oder (nach 70.) ebenso viel als 8 Gr. Schwefel, 6 Gr. Phosphor, 23 Gr. Natrium oder 20 Gr. Eisen. Man nennt diese Zahlen Aequivalente; sie geben uns an, daß 3 Gran Kohle chemisch so viel werth sind, so viel leisten, als 101 Gran Quecksilber, oder als 8 Gran Schwefel 2c. Wir sagen in demselben Sinne, wenn wir sehen, daß eine Dampfmaschine in einem Tage dieselbe Arbeit verrichtet, wozu 4 Pferde oder statt derselben 24 Menschen nothwendig sein würden: die Kraft der Dampfmaschine ist äquivalent (gleich stark) der Kraft von 4 Pferden oder von 24 Menschen (Weiteres über die Kohlensäure s. 164 ff.).

Chemische Aequivalente.

Kohlenoxydgas: CO.

110. Kohlenoxydgas. Bei jeder Verbrennung, wo die Kohle genug Luft antrifft, entsteht Kohlensäure oder $CO_2$; fehlt es aber an Luft, so verbinden sich 3 Gran Kohle nur mit halb so viel Sauerstoff, nämlich mit 4 Gr. statt mit 8 Gr., und es entsteht gleichsam nur halbfertige Kohlensäure, welche man Kohlenoxydgas $= CO$ nennt. Das Kohlenoxydgas ist, wenn es eingeathmet wird, höchst giftig und findet sich in dem sogenannten Kohlendunste oder Kohlendampfe. Dieser Kohlendunst bildet sich immer dann, wenn Kohlen langsam glimmen (z. B. in einem Kohlenbecken), weil durch das auf den glühenden Kohlen liegen bleibende Aschenhäutchen der Zutritt der Luft erschwert wird; ferner dann, wenn man an einem Ofen die Klappe zudreht,

Kohlenoxydgas: CO.

ehe die Kohlen verbrannt sind, weil in diesem Falle der Luftzug, also das Hinzukommen von genugsamem Sauerstoff, sowie das Entweichen des Kohlenoxydgases in den Schornstein verhindert wird. Aller Warnungen ungeachtet hört man jeden Winter von Unglücksfällen, dadurch veranlaßt, daß das Abzugsrohr an den Oefen zu früh verschlossen und dadurch das gebildete Kohlenoxydgas in die Stube zurückgedrängt wurde. Zur Vermeidung derselben sollte man die Klappen in dem Abzugsrohre des Rauches ganz abschaffen und den Ofen dafür mit luftdicht schließenden Thüren vor der Einfeuerung und dem Aschenfalle versehen, welche ebenfalls das schnelle Abkühlen des Ofens und Zimmers verhindern. Das Kohlenoxydgas brennt beim Anzünden mit blauer Farbe und nimmt dabei noch die Menge von Sauerstoff auf, die es bei seiner Entstehung wegen Mangels an Luft nicht erlangen konnte, nämlich noch einmal so viel als es schon besitzt; es geht dabei in Kohlensäure über: aus $CO$ wird $CO_2$. Die blaue Flamme, die man immer bemerkt, wenn frische Kohlen bei einem Feuer aufgeschüttet werden, oder wenn große Mengen glühender Kohlen über einander liegen, ist brennendes Kohlenoxydgas.

## Verbrennung.

— Bis 1780 einem besonderen Brennstoff (Phlogiston) zugeschrieben; von Lavoisier zuerst als ein Oxydationsproceß erkannt. —

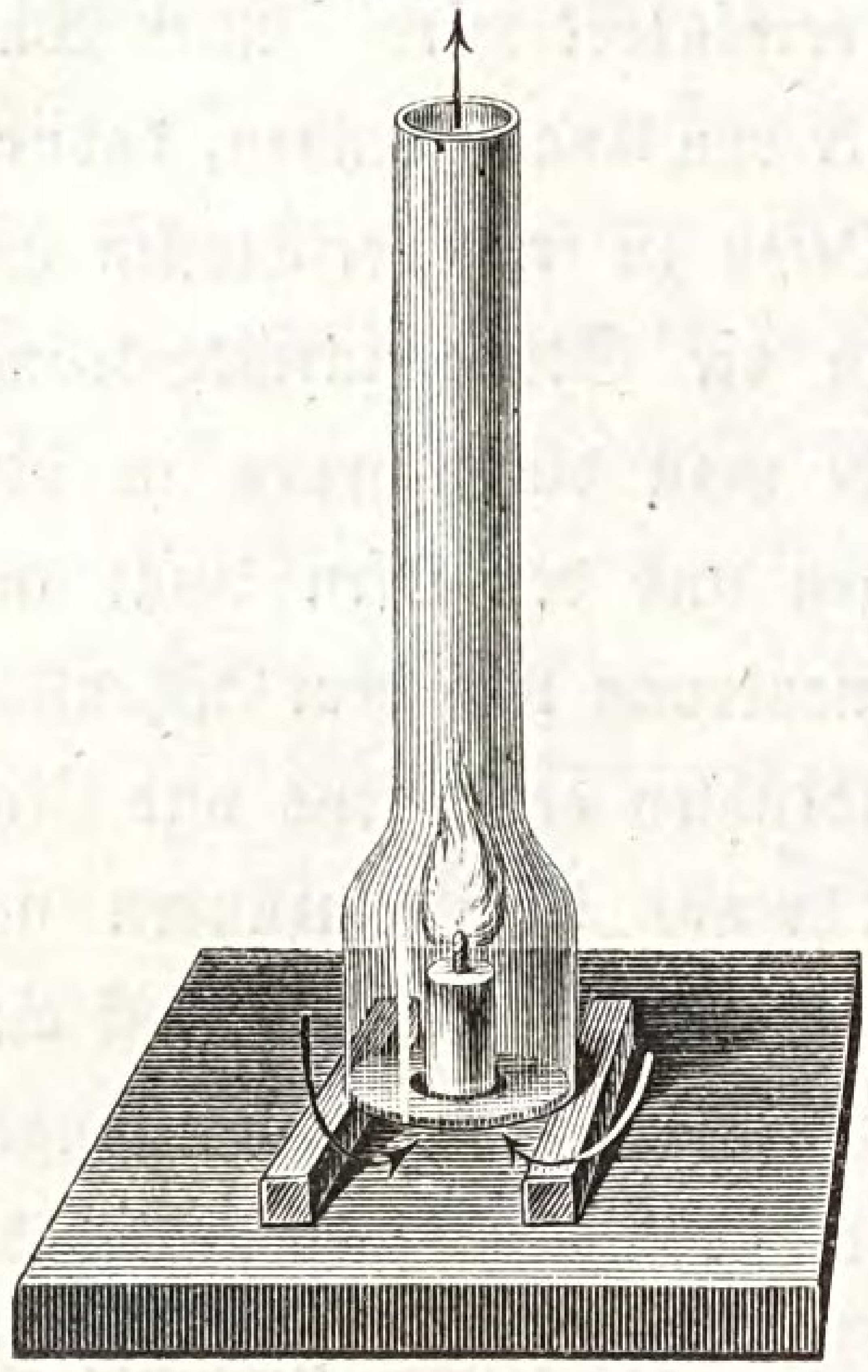
Erste Bedingung des Verbrennens Luftzug.

111. Alle im gewöhnlichen Leben vorkommenden **Verbrennungen** entstehen durch eine schnelle chemische Verbindung der brennbaren Körper mit dem Sauerstoff der Luft, und können demnach als Oxydationsprocesse betrachtet werden. Die verbrannten oder oxydirten, d. h. mit Sauerstoff verbundenen Brennmaterialien sind meist luftförmig, wir nennen sie Rauch; in ihnen kann eine weitere Verbrennung nicht mehr stattfinden. Es folgt hieraus: daß man, um eine Verbrennung zu unterhalten, zu dem Feuer immer **frische Luft hinzuführen**, von demselben aber die verbrannten Luftarten, den Rauch, **hinwegleiten** muß. Dies geschieht durch den Luftzug.

Erste Bedingung des Verbrennens: Luftzug.

Versuch. Ein Stückchen Talglicht wird angezündet und darüber ein gewöhnlicher Lampencylinder gestellt: es verlöscht sehr bald, weil keine frische Luft von unten hinzutreten kann. Ebenso löscht das Licht aus, wenn man den Cylinder oben mit einem Brettchen bedeckt, ob man ihn auch unten so hält, daß Luft einströmen kann: es verlöscht in diesem Falle, weil das Entweichen der verbrannten Luftarten verhindert wird. Stellt man den Cylinder aber unbedeckt auf ein Paar Holzstäbchen, so brennt das Licht ruhig fort und man kann an dem Rauche eines eben ausgeblasenen Wachsstockes, den man in die Nähe der unteren Oeffnung hält, leicht sehen, daß unten die Luft hineinströmt, oben aber wieder entweicht, nachdem sie zum Verbrennen gedient hat und dabei heiß und leichter geworden ist.

Fig. 60.



Einer freien Lichtflamme kann man die Hand von oben ziemlich nahe bringen, ohne sie zu verbrennen; ist das Licht aber mit dem Cylinder umgeben, so wird man mit der Hand ein sehr großes Stück in die Höhe rücken müssen, ehe man die Hitze der Flamme ertragen kann. In dem ersten Falle breitet sich die heiße Luft nach allen Seiten aus, in dem letzten wird sie durch den Cylinder zusammengehalten. Eine Folge hiervon ist, daß die heiße Luft oben schneller ausströmen und dafür unten schneller kalte hinzutreten muß. Durch diesen vermehrten Luftzug bewirken die Cylinder eine raschere und vollständigere Verbrennung und eine hellere und stärker leuchtende Flamme.

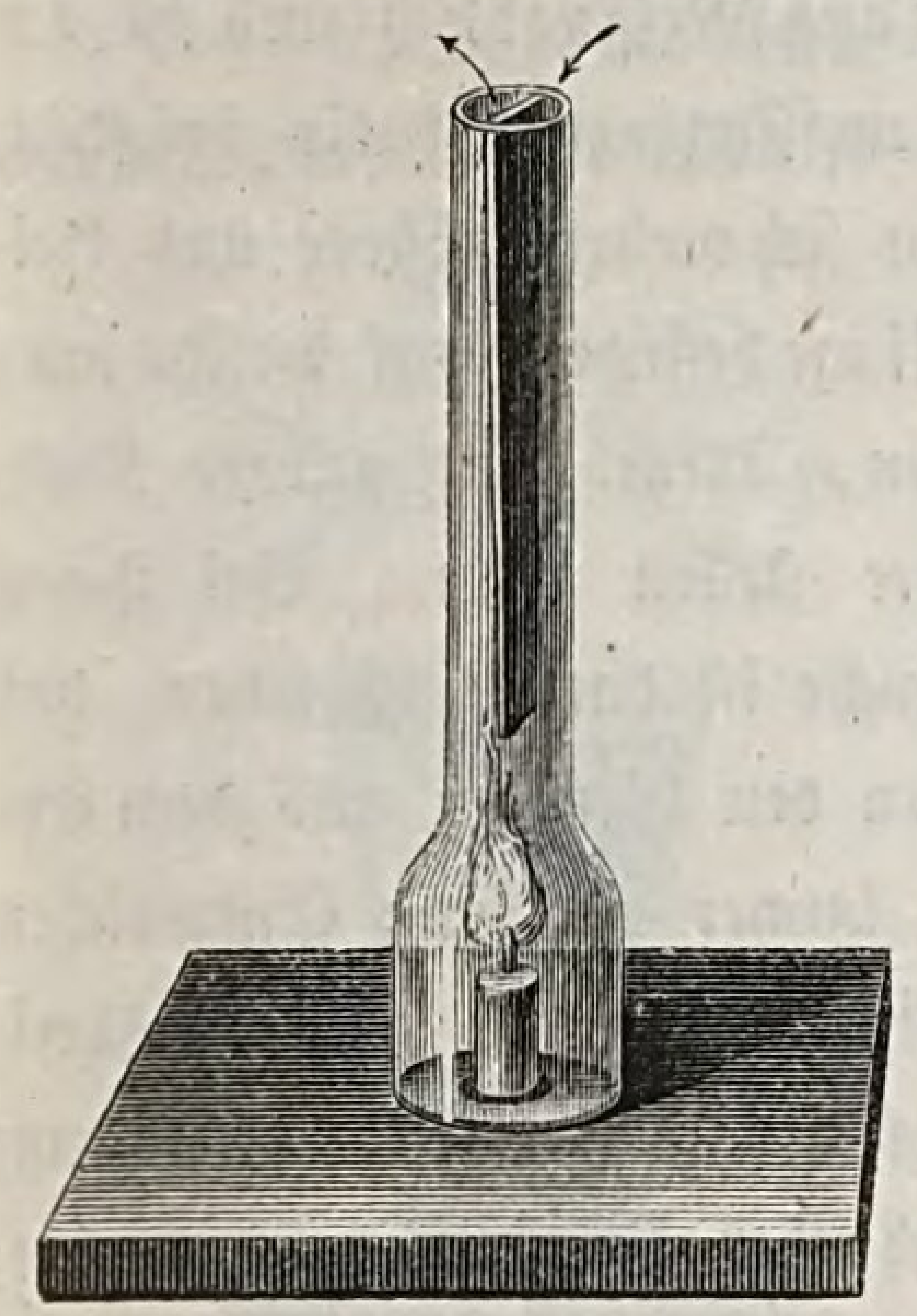
Was die Cylinder für die Lampen sind, das sind die Schornsteine für die Oefen. Es ist bekannt, daß enge, sogenannte russische Essen besser ziehen als weite; aus ersteren entweicht die Luft heißer und schneller, es strömt daher auch durch den Aschenheerd eine größere

Menge kalter Luft zu dem Feuer und verursacht eine größere Lebhaftigkeit der Verbrennung.

Erste Bedingung des Verbrennens: Luftzug.

**Versuch.** Theilt man den oberen Theil des Cylinders durch einen eingeschobenen Holzspahn in zwei Hälften, so brennt das Licht fort, auch wenn von unten nicht Luft zu demselben dringen kann. Der Rauch eines glimmenden Wachsstockes wird auf der einen Seite, wie es die Pfeile andeuten, hereingezogen, auf der anderen herausgetrieben; es entsteht also ein Luftzug von oben nach unten, wodurch das Licht den zum Verbrennen erforderlichen Sauerstoff erhält, wie dies auch an der zitternden Bewegung der Flamme zu sehen ist.

Fig. 61.



112. Bei der gewöhnlichen Lampen- und Kerzenflamme kann die Luft nur von außen hinzutreten, es findet daher nur in dem äußeren Kreise derselben eine Verbrennung Statt, nicht aber zugleich im Innern, wie der dunkle Kern anzeigt. Läßt man aber auch von innen Luft zu der Flamme treten, so verschwindet dieser dunkle Kern und es entsteht ein blendenderes Licht und eine vollständigere Verbrennung. Am einfachsten geschieht dies durch einen hohlen oder cylindrischen Docht, wodurch ein Flammenkranz gebildet wird, zu welchem sowohl inwendig von unten her, als auch auswendig von der Seite her Luft hinzuströmen kann. Man nennt Lampen solcher Art nach ihrem Erfinder Argand'sche, oder Lampen mit doppeltem Luftzuge. Eine gleiche Einrichtung hat die sogenannte Berzelius'sche

Doppelter Luftzug.

Fig. 62.



Doppelter Luftzug. Weingeistlampe, die man bei chemischen Arbeiten allgemein anwendet, wenn man höhere Hitzgrade braucht, als sich durch eine einfache Weingeistlampe hervorbringen lassen. Sie besteht aus Messingblech und ist auf einem messingenen Stativ befestigt, an dem sich mehre größere und kleinere Ringe befinden, auf welche man Schalen, Tiegel und andere Kochgeschirre stellen kann. Bei ihrem Gebrauche ist darauf zu sehen, daß zwischen den Gefäßen und dem Cylinder immer ein zum Entweichen der heißen Luft und zum Ausbreiten des oberen Theiles der Flamme hinreichender Zwischenraum bleibe; im entgegengesetzten Falle entsteht nur eine unvollständige Verbrennung und demzufolge eine geringere Erhitzung. Wenn Weingeist nachgefüllt werden soll, so muß die Lampe vorher ausgelöscht werden, weil außerdem der Weingeist während des Eingießens leicht mit anbrennen oder beim Ueberlaufen der Lampe eine Feuerüberfluthung veranlassen kann.

Fig. 63.

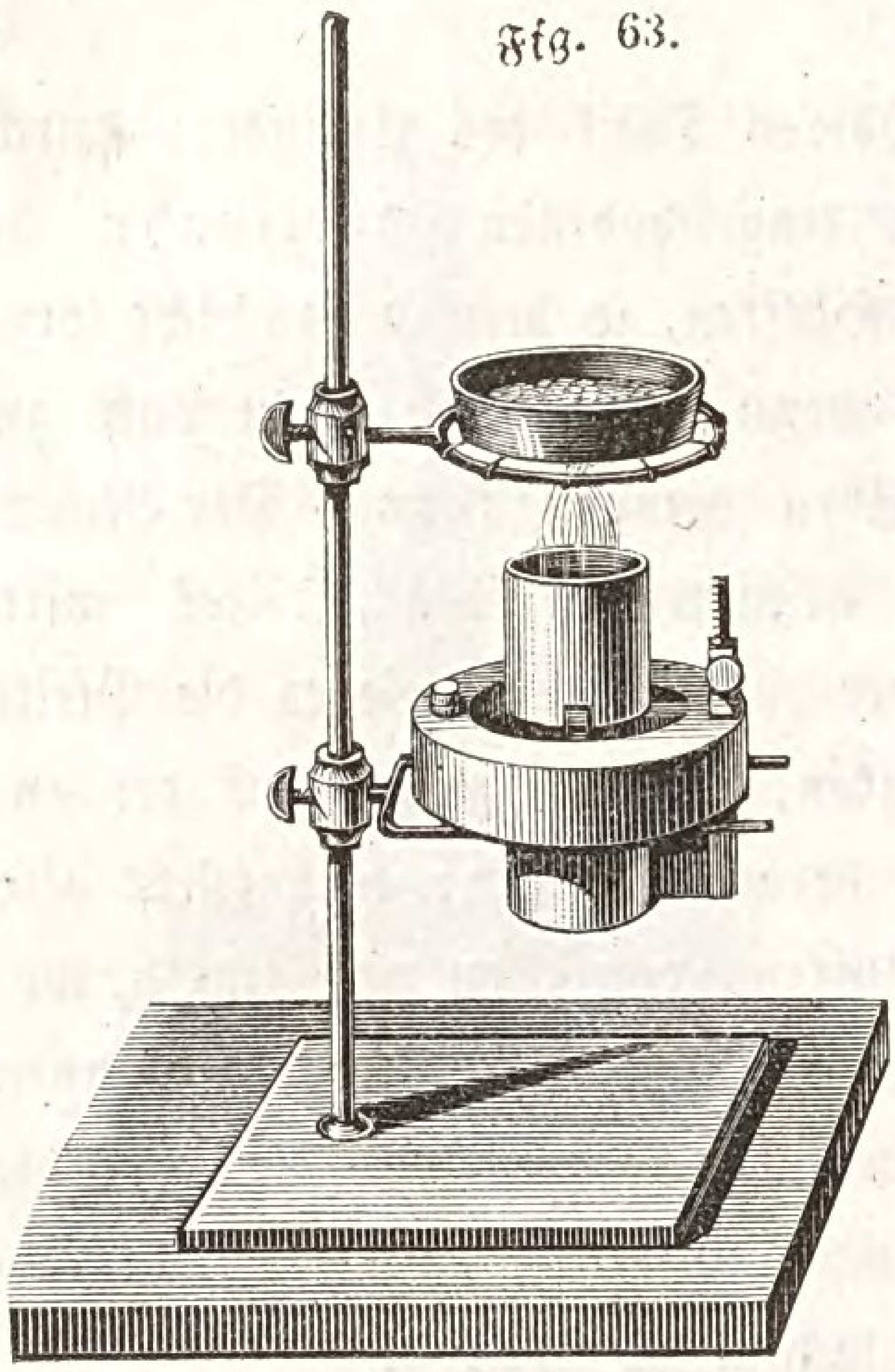


Fig. 64.



Zweite Bedingung des Verbrennens. Temperatur. 113. Soll ein Körper an- und fortbrennen, so muß er ferner erst bis auf einen bestimmten Punkt erwärmt und dann auf dieser Temperatur erhalten werden.

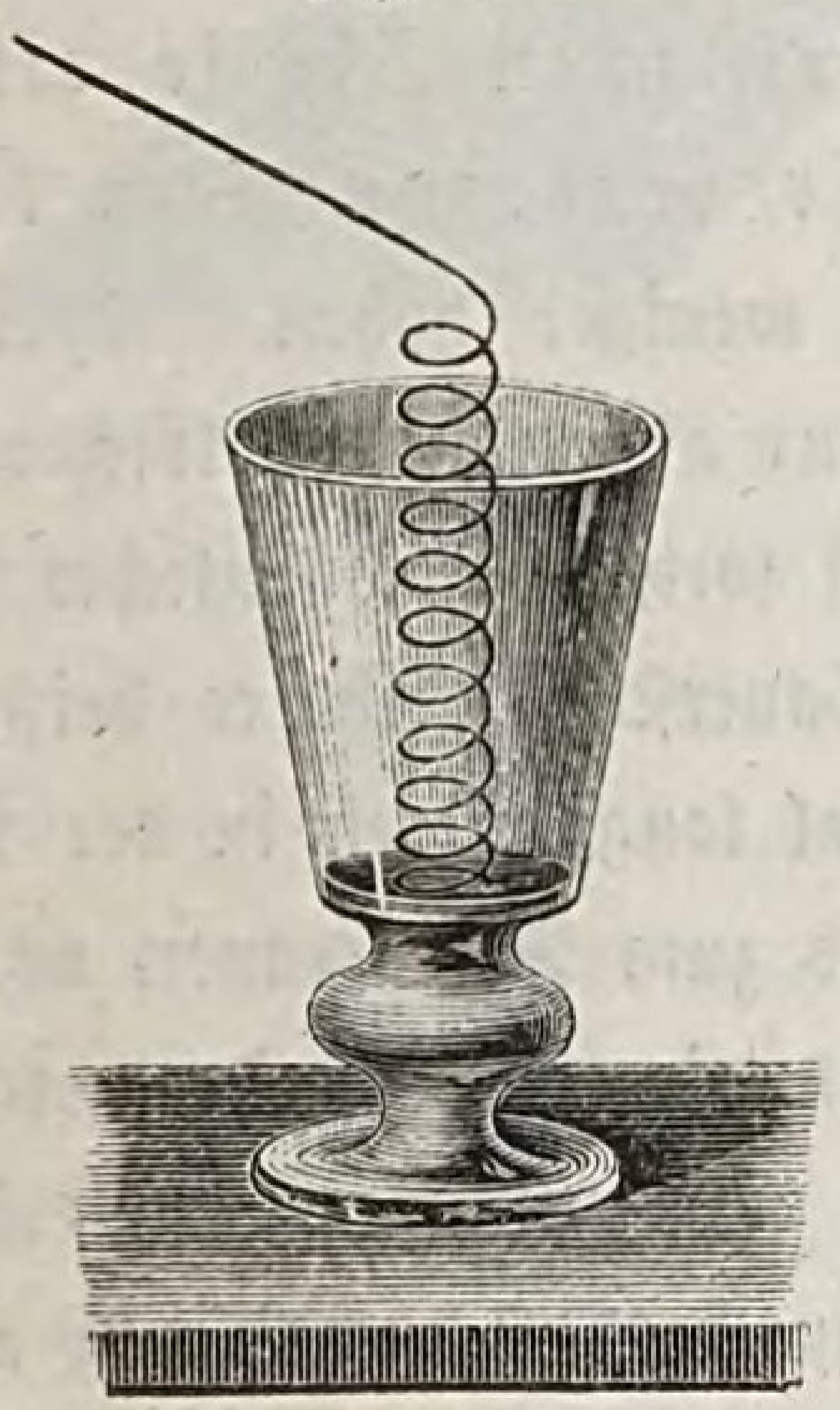
Versuch. Man erwärme in einem kleinen Töpfchen etwas Asche oder Sand, worauf man einige Reibzündhölzchen gelegt hat: die letzteren, oder richtiger

der in ihnen enthaltene Phosphor, werden erst dann anbrennen, wenn die Asche bis auf ungefähr 65—70° C. erwärmt worden ist, was durch ein in dieselbe gehaltenes Thermometer leicht wahrgenommen werden kann.

114. Langsame und rasche Verbrennung. Versuch. Ein dünner Platindraht wird so um einen schwachen Bleistift aufgewickelt, daß er, von letzterem abgezogen, eine hohle Spirale bildet. Hält man diese, nachdem sie in einer Weingeistflamme weißglühend geworden, schnell in ein gelind angewärmtes Glas, in welches man einen Theelöffel voll starken Weingeist gegossen hat, so glüht sie in dem Weingeistdampfe fort, während sie in der Luft bald zu glühen aufhört. Der Weingeist erleidet eine langsame Verbrennung, d. h. er verbindet sich mit wenig Sauerstoff, und die dabei frei werdende Wärme reicht hin, den Draht glühend zu erhalten. Riecht man an das Glas, so bemerkt man einen unangenehmen, säuerlichen Geruch; dieser rührt von den aus Weingeist und Sauerstoff bei der langsamen Verbrennung entstandenen neuen Verbindungen her, welche man als halbverbrannten Weingeist ansehen kann. Zündet man den Weingeist an, so verbrennt er rasch und vollständig und die dabei gebildeten Producte besitzen keinen Geruch; es bilden sich also andere Verbindungen bei der raschen oder vollständigen Verbrennung, als bei der langsamen oder unvollständigen. Etwas Aehnliches bemerkt man bei allen anderen brennbaren Körpern. Der üble Geruch beim Versengen der Haare oder Kleidungsstücke, beim Ueberlaufen von kochender Milch, beim Glimmen von Löschpapier, er ist die Folge einer unvollständigen Verbrennung; werden diese Stoffe vollständig verbrannt, so ist von einem üblen Geruche nichts zu bemerken.

Langsame und rasche Verbrennung.

Fig. 65



Wiederholt man den vorigen Versuch mit Aether, statt mit

Langsame und rasche Verbrennung.

Weingeist, so entzündet sich der Aether und brennt mit Flamme, sobald der Draht weißglühend geworden; glüht der letztere nur roth, so entsteht keine Entflammung. Man sieht, die Temperatur des rothglühenden Drahtes reicht noch nicht hin zur raschen Verbrennung des Aethers; diese tritt erst ein bei noch stärkerer Erhitzung, beim Weißglühen des Drahtes. Wie der Phosphor erst anbrennen konnte, wenn er bis 70° C. erhitzt wurde, der Aether aber erst bei einer noch viel höheren Temperatur, so brauchen alle verbrennlichen Stoffe einen bestimmten Wärmegrad, um lebhaft verbrennen zu können, manche einen höheren, andere einen weniger hohen. Werden brennende Körper bis unter diese Temperatur abgekühlt, so löschen sie aus. Glühendes Eisen brennt in Sauerstoff fort, in gewöhnlicher Luft nicht; bei der lebhaften Verbrennung in Sauerstoff bleibt es heiß genug, um weiter zu brennen, bei der 5mal langsameren in der Luft aber wird nicht so viel Hitze entwickelt, als zum Fortbrennen nöthig ist. Steinkohlen brauchen zum Fortbrennen eine höhere Temperatur als Holz, sie müssen daher in dem Ofen nahe zusammen und über einander liegen, sonst kühlen sie sich leicht zu stark ab und löschen aus; Holz kann fortbrennen, auch wenn es zerstreut im Ofen liegt. Eine glühende Kohle löscht viel schneller aus, wenn sie auf Eisen gelegt wird, als auf Holz, denn das Eisen, ein guter Wärmeleiter, entzieht ihr die Wärme viel schneller als das schlechtleitende Holz.

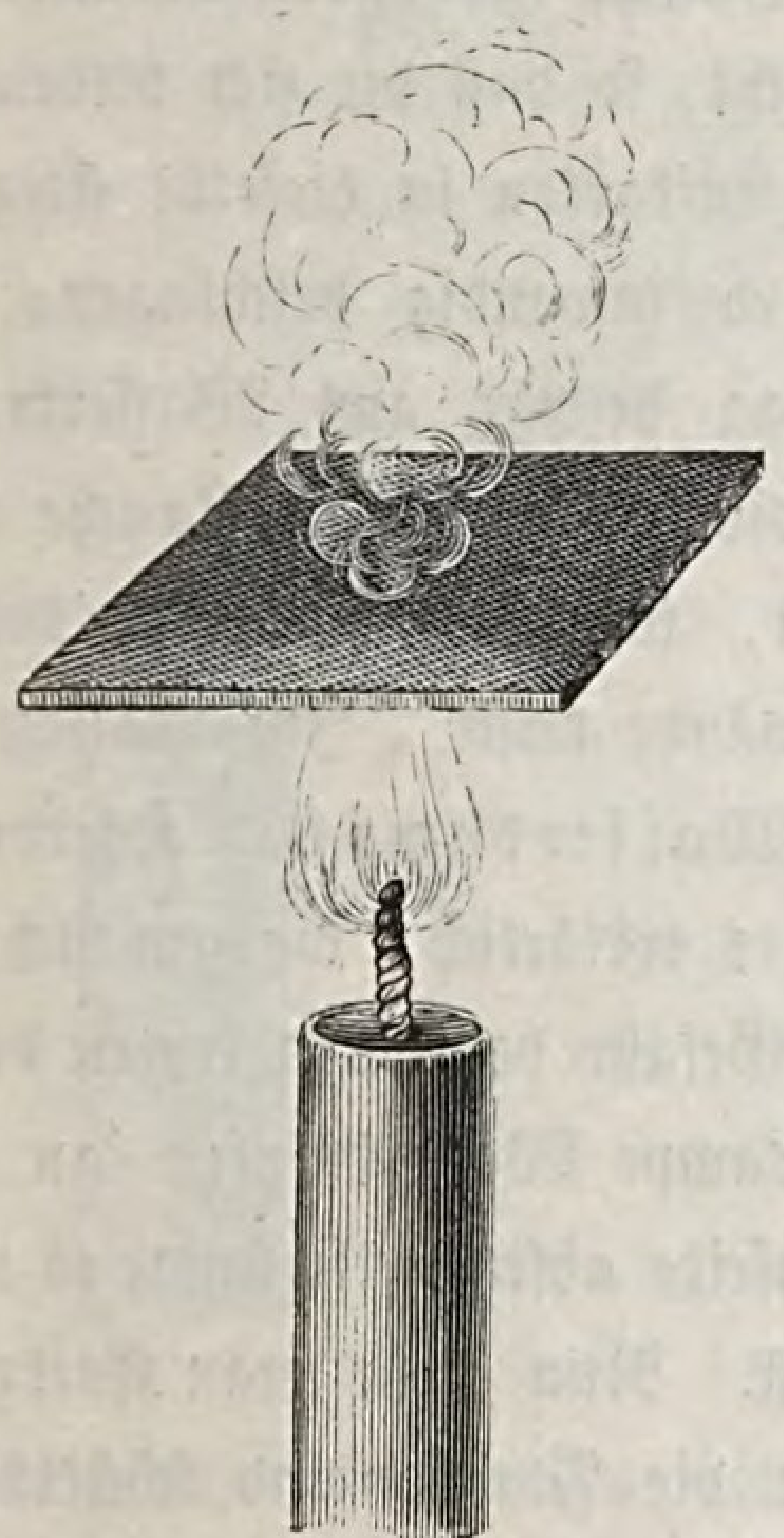
Man kann selbst eine Talglicht- oder Spiritusflamme durch Eisen so stark abkühlen, daß sie verlöscht.

Auslöschen durch Abkühlung.

Versuch. Senkt man ein Drahtgeflecht, z. B. das Stück eines feinen Siebbodens in eine Lichtflamme, so wird diese dadurch eben so niedergedrückt, als ob ein Stück Blech darüber gehalten würde, und es geht nur Rauch durch die Maschen des Siebes, aber keine Flamme. Daß dieser Rauch noch brennen kann, sieht man leicht, wenn man ein brennendes Papier hineinhält. Der Grund, warum er dennoch nicht brennt, ist: es wird ihm während des Durchgehens durch das Drahtgewebe so viel Wärme weggenommen, daß er oben bis unter die Temperatur abgekühlt austritt, die er zum Fortbrennen

braucht; giebt man ihm diese durch einen hineingehaltenen brennenden Körper wieder, so entflammt er sich von Neuem. Dasselbe geschieht auch von selbst, wenn das Drahtnetz weißglühend geworden ist, weil dann natürlich die Abkühlung aufhören muß.

Fig. 66.



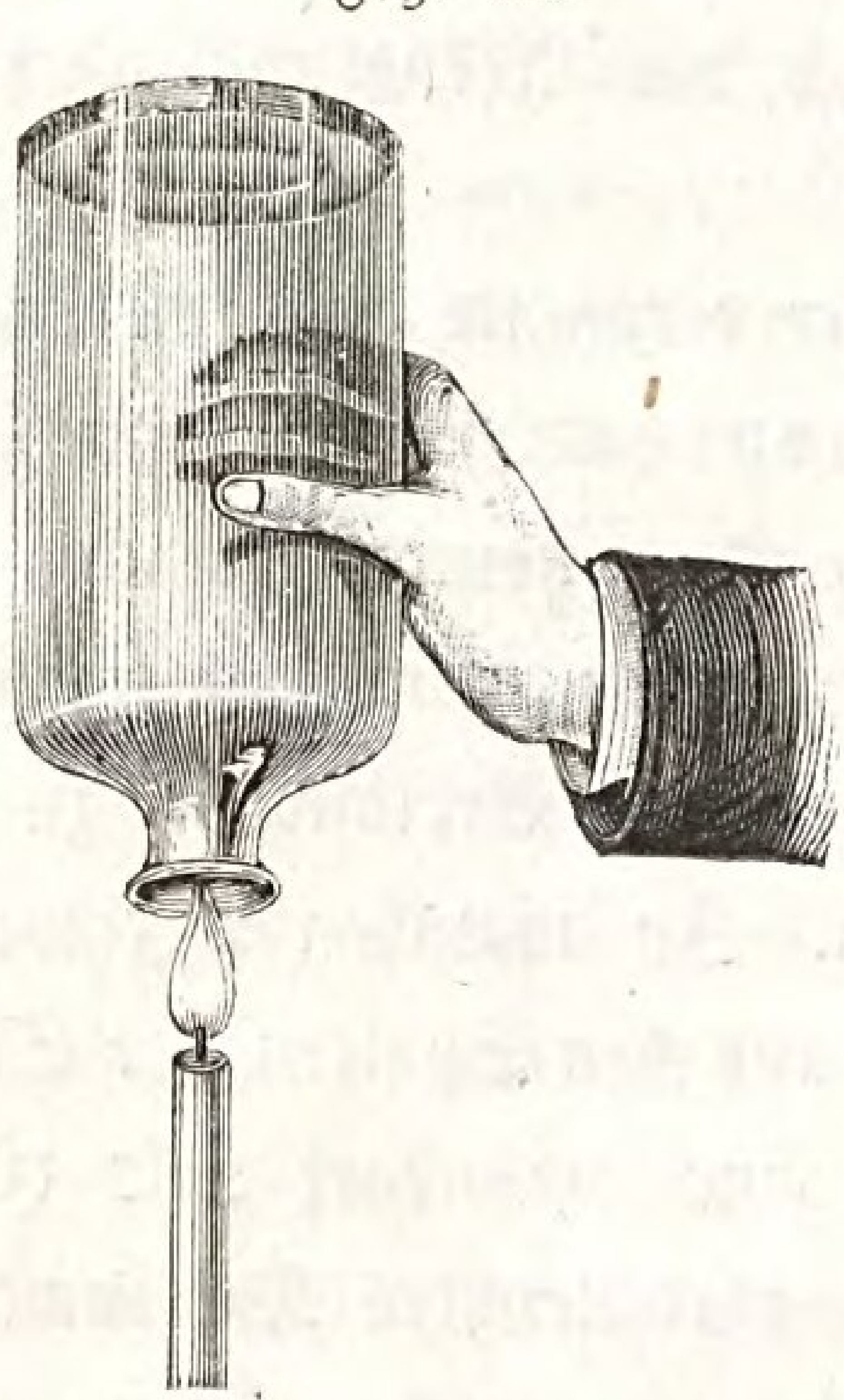
Der berühmte englische Chemiker Davy hat hiervon eine höchst nützliche Anwendung gemacht, um die so oft in Steinkohlengruben vorkommenden Explosionen zu verhindern. In manchen Bergwerken strömt aus den Spalten der Steinkohlen eine brennbare Luft (Grubengas oder leichtes Kohlenwasserstoffgas) aus, welche, wenn sie sich in der atmosphärischen Luft ausbreitet, mit dieser eine Art Knallgas (schlagende Wetter) bildet, das den Bergmann zerschmettern und verbrennen kann, der mit einem brennenden Lichte in einen mit solcher Luft erfüllten Gang kommt. Umgiebt man das Licht aber ringsum mit einem Drahtnetze, so brennt das Knallgas nur inwendig in der Drahthülle, ohne daß die Flamme durch den Draht hindurch das äußere Gas anzünden kann; der Bergmann hat also Zeit, sich aus dieser Gegend, aus der man nachher durch geeignete Mittel die gefährliche Luftart herausschafft, zu entfernen (Davy'sche Sicherheitslampe). Davy's Sicherheitslampe.

115 **Vollständige Verbrennung.** Beim Verbrennen von Wasserstoff wird **Wasser** gebildet (87.), beim Verbrennen von Kohlenstoff **Kohlensäure** (63. 109.). Diese beiden Producte entstehen auch bei der Verbrennung fast aller anderen im gewöhnlichen Leben vorkommenden Brennstoffe; denn die meisten Brennmaterialien ent- Producte der vollständigen Verbrennung.

Producte der vollständigen Verbrennung. halten Wasserstoff und Kohlenstoff und erlangen eben dadurch die Fähigkeit, zu verbrennen.

Versuch. Man halte eine leere Flasche über ein brennendes Talglicht, so daß die sich bildenden heißen Luftarten in dieselbe steigen: sie wird inwendig beschlagen; der Beschlag besteht aus Wassertröpfchen, die sich aus dem Rauche verdichten, wenn er an die kalten Glaswände trifft. Im Rauche ist also Wasserdampf. Hierdurch wird es erklärlich, warum sich an jedem Gefäße beim Erwärmen durch eine Lampe Wassertropfen an der Außenseite absetzen, so lange es noch kalt ist. Nun gieße man Kalkwasser in die Flasche und schüttle es darin um: es wird trübe werden, wie Milch, und beim Stehen ein weißes Pulver (kohlensauren Kalk) fallen lassen. Im Rauche ist auch Kohlensäure. Außerdem muß in dem Rauche natürlich auch noch Stickstoff vorhanden sein aus der atmosphärischen Luft, welche zur Unterhaltung des Feuers verbraucht wurde

Fig. 67.



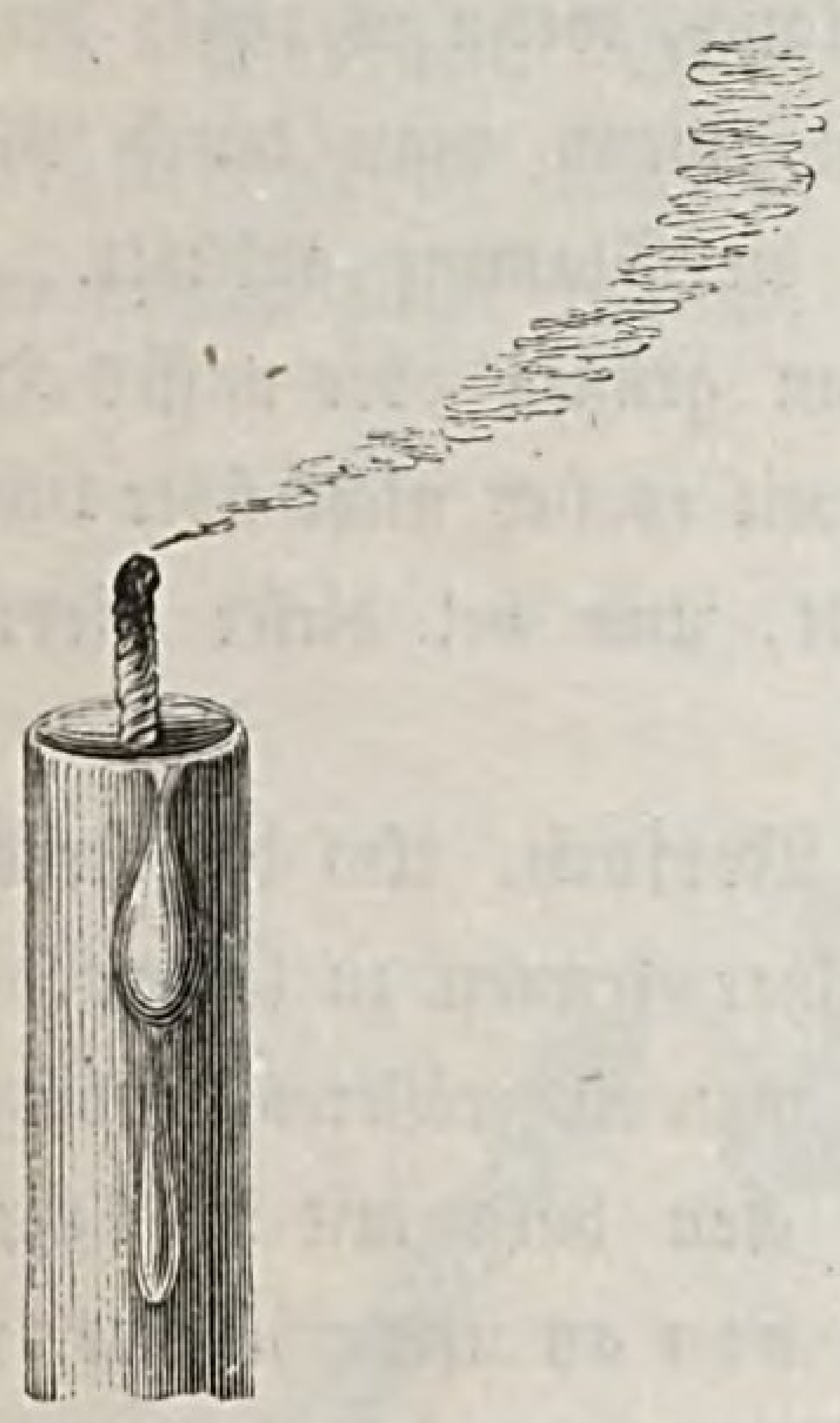
Dieselben Bestandtheile finden sich auch in dem aus den Schornsteinen unserer Häuser emporsteigenden Rauche, mag dieser nun durch Verbrennung von Holz, Steinkohlen oder Braunkohlen gebildet worden sein; ferner auch in dem obgleich unsichtbaren Luftstrome, der von einer brennenden Weingeist- oder Oellampe in die Höhe steigt.

Unvollständige Verbrennung. 116. Unvollständige Verbrennung. Versuch. Bläst man ein Licht aus, welches eine lange Schnuppe hatte, so kann man den von dem Dochte aufsteigenden Rauch in einiger Entfernung wieder anzünden; dieser Rauch besteht aus den brennbaren Luftarten, in

welche der Talg beim Erhitzen verwandelt wird: er ist halbverbrannter Talg und hat einen unangenehmen Geruch. Nach dem Auslöschen reicht die Hitze nicht mehr hin zu seiner vollständigen Verbrennung; diese tritt aber wieder ein, wenn man den Rauch durch einen brennenden Spahn erhitzt und anzündet. Vollständig verbrannter, d. h. in Kohlensäure und Wasser verwandelter Talg besitzt keinen Geruch.

Unvollständige Verbrennung.

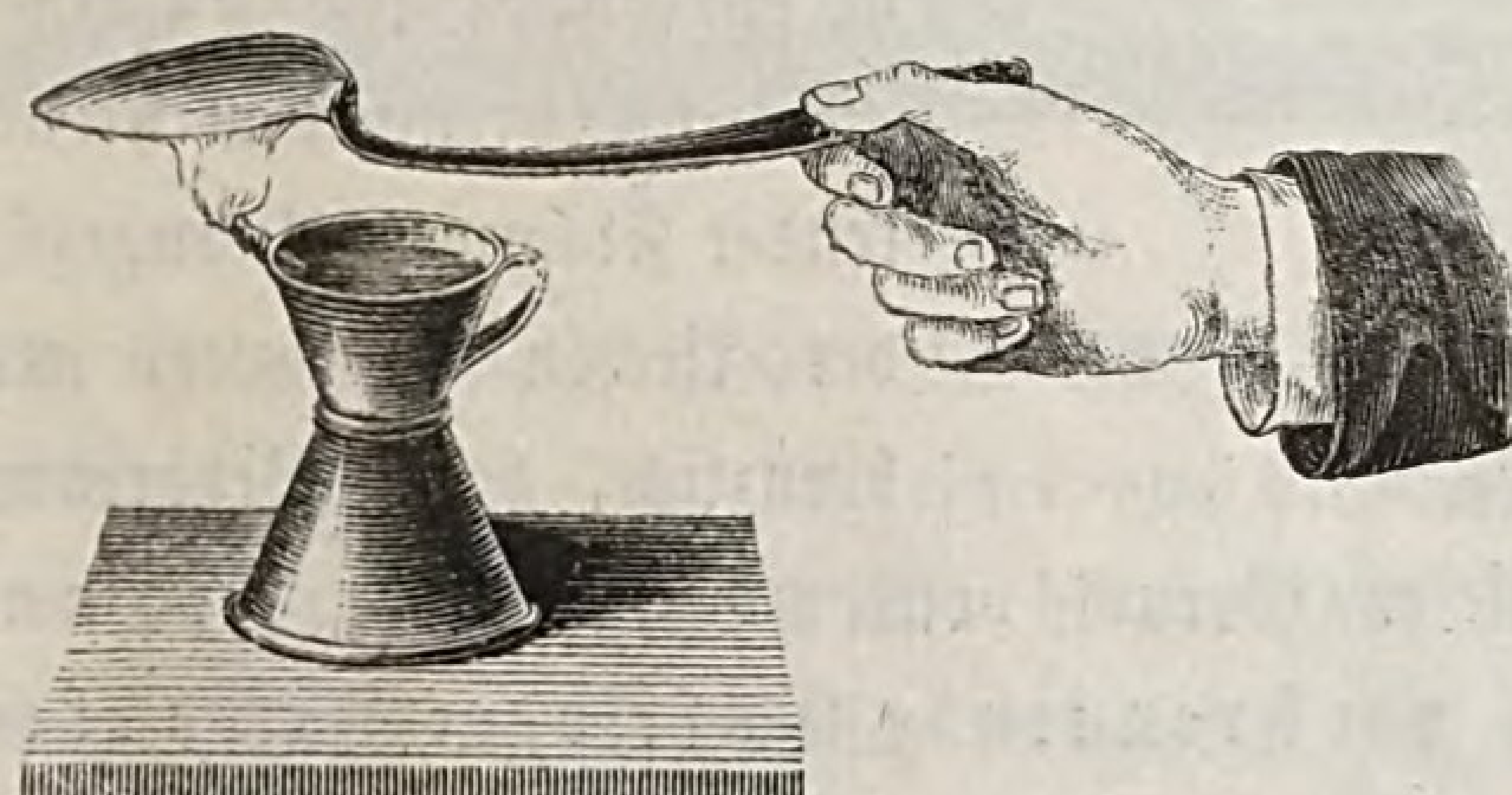
Fig. 68.



**Versuch.** Umwickelt man die Zuglöcher einer brennenden Astral- oder Argand'schen Lampe (112.) mit einem Papierstreifen, so wird die Flamme sogleich düster und roth und stößt einen dicken schwarzen Rauch aus, der sehr unangenehm riecht und ein darüber gehaltenes Licht mit Ruß überzieht. Hier entsteht eine unvollständige Verbrennung des Oeles durch Abschließung der Luft; ein Theil des im Oele enthaltenen Kohlenstoffes bleibt dabei unverbrannt und entweicht als Ruß.

Dabei entsteht Ruß.

Fig. 69.



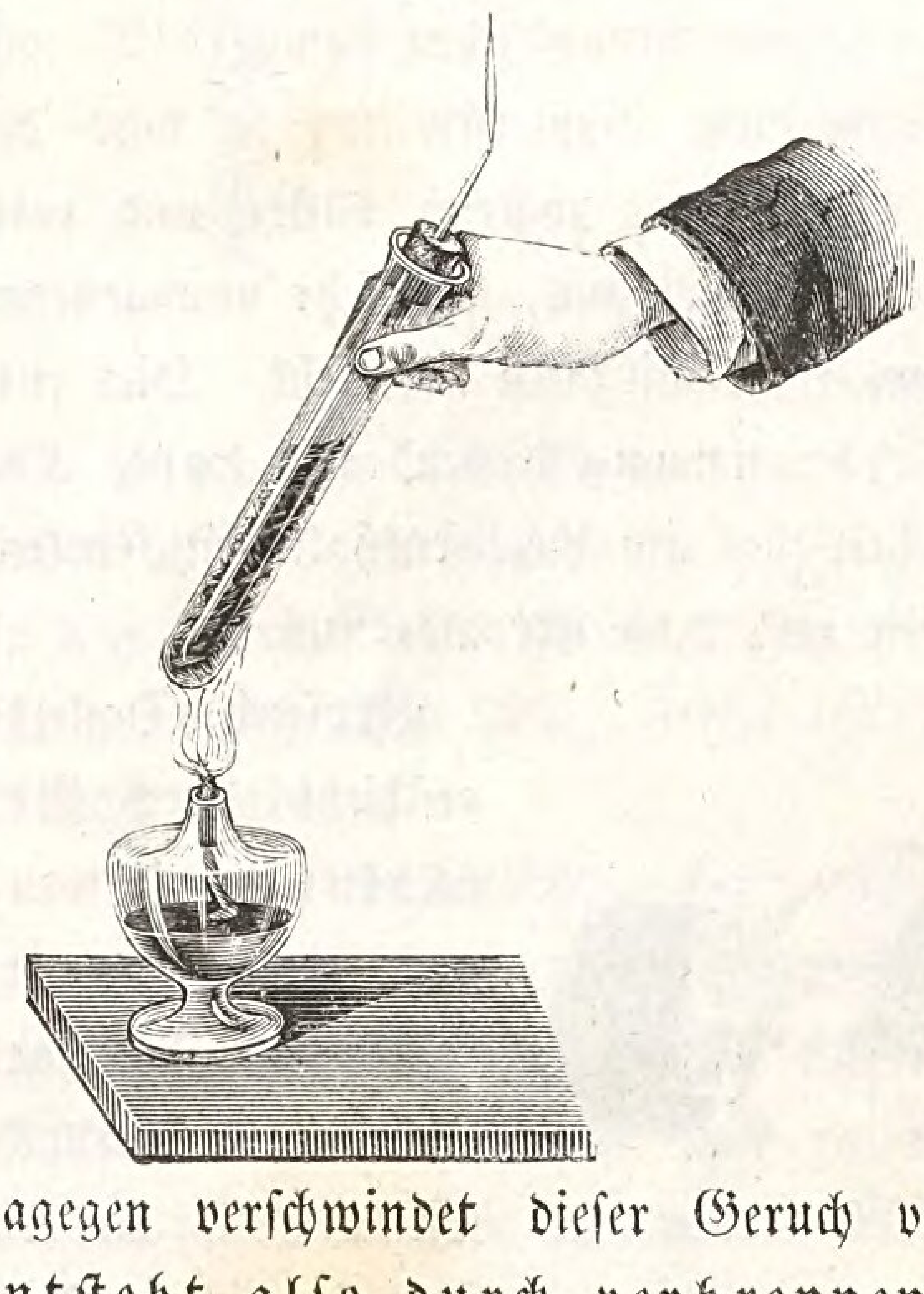
**Versuch.** Dasselbe geschieht durch Abkühlung, z. B. wenn man über die Flamme einer gewöhnlichen Oellampe einen Blechlöffel so hält, daß die Flamme zum Theil niedergedrückt wird. Das Eisen kühlt die Flamme nicht nur ab, weil es als guter Wärmeleiter die Wärme schnell fortführt, sondern es hemmt auch den Luftzug; ein Theil

Lampenruß.

Lampenruß. des Kohlenstoffes bleibt deshalb unverbrannt und setzt sich in dem Löffel als Ruß ab. Auf diese Weise bereiten sich die Uhrmacher das Lampenschwarz zum Bemalen der Zifferblätter. Ein Talglicht giebt einen unsichtbaren und geruchlosen Rauch, wenn es ruhig brennt, einen rußigen und übelriechenden dagegen, wenn man durch Blasen oder Hin- und Herbewegen des Lichtes die Flamme abkühlt. Um Fleisch schnell zu räuchern, verbrennt man grünes oder nasses Holz; dies giebt einen dicken schwarzen Rauch, weil es sich nicht über 100° C. erhitzen läßt, so lange es Wasser enthält, und bei dieser niedrigen Temperatur nur unvollständig verbrennt.

Leuchtgas aus Holz. 117. Leuchtgas und Flamme. Versuch. Um die Producte der unvollständigen Verbrennung näher kennen zu lernen, fülle man ein größeres Probirgläschen halb mit Holzspähnen an und erhitze es, nachdem man die Oeffnung mit einem Korke verschlossen hat, in dem eine Glasröhre oder ein Stück irdenes Pfeifenrohr steckt. Die sich bildenden luftförmigen Stoffe müssen durch die Röhre entweichen; sie entzünden sich an einem Lichte und brennen mit leuchtender Flamme. Unangezündet riechen sie sauer und brenzlich, beim Verbrennen dagegen verschwindet dieser Geruch vollkommen. Die Flamme entsteht also durch verbrennende Gase oder Luftarten. Körper, welche beim Verbrennen nicht gasförmig werden, können nur glühen, nicht aber mit Flamme brennen. In dem Probirgläschen bleibt zuletzt Holzkohle zurück, welche wegen Mangels an Luft nicht mit verbrennen konnte. Auf ähnliche Weise bereitet man sich im

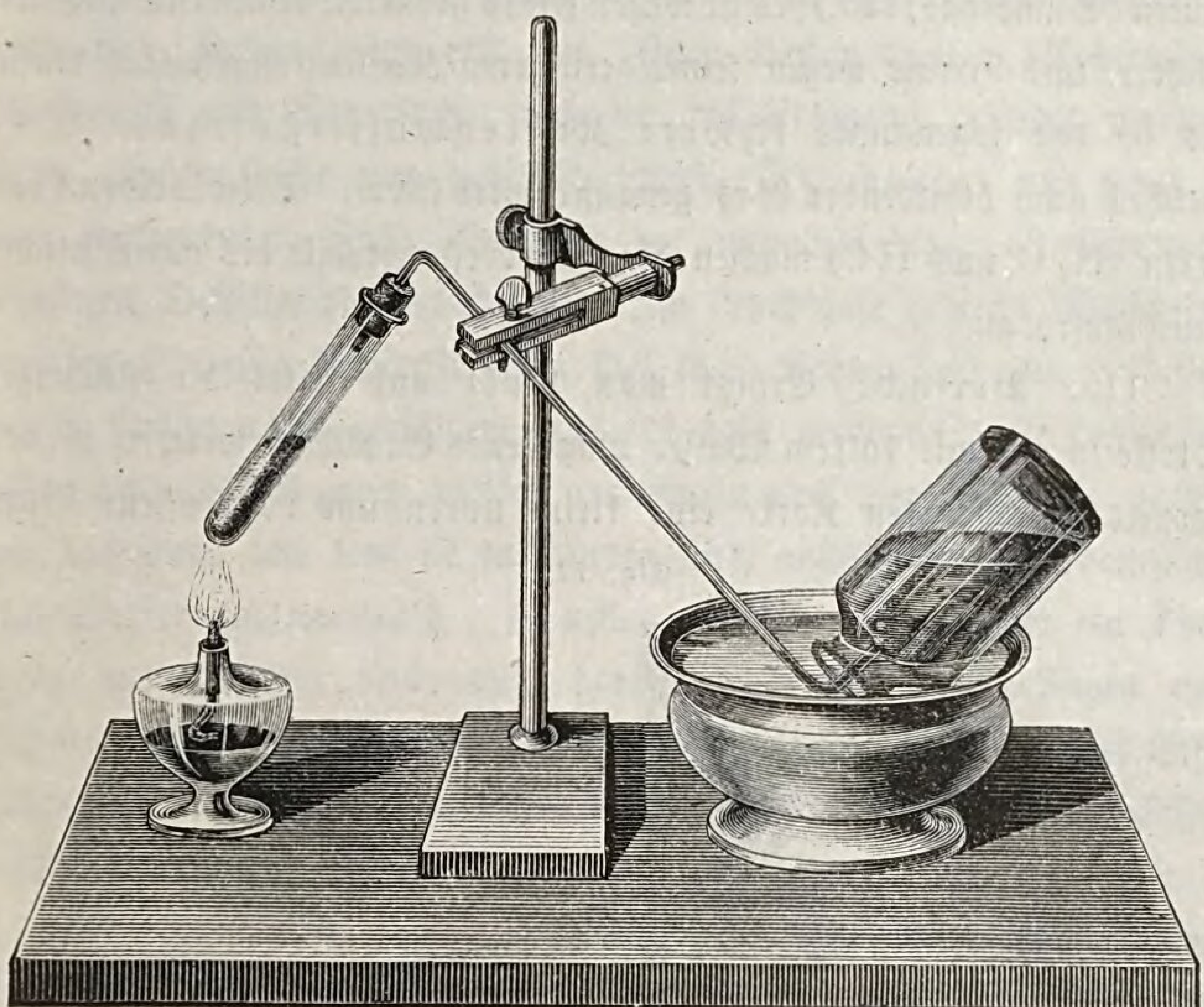
Fig. 70.



Großen das Leuchtgas durch Erhitzen von Steinkohlen, Harz u. s. w. in verschlossenen eisernen Gefäßen. Jedes Talglicht, jede Oellampe ist ein Gasbereitungsapparat im Kleinen.

118. **Versuch.** Man wiederhole diesen Versuch mit zerkleinerten Steinkohlen, leite das Gas aber durch eine gebogene Glasröhre in eine pneumatische Wanne, und fange es auf die bekannte Weise in Leuchtgas aus Steinkohlen.

Fig. 71.



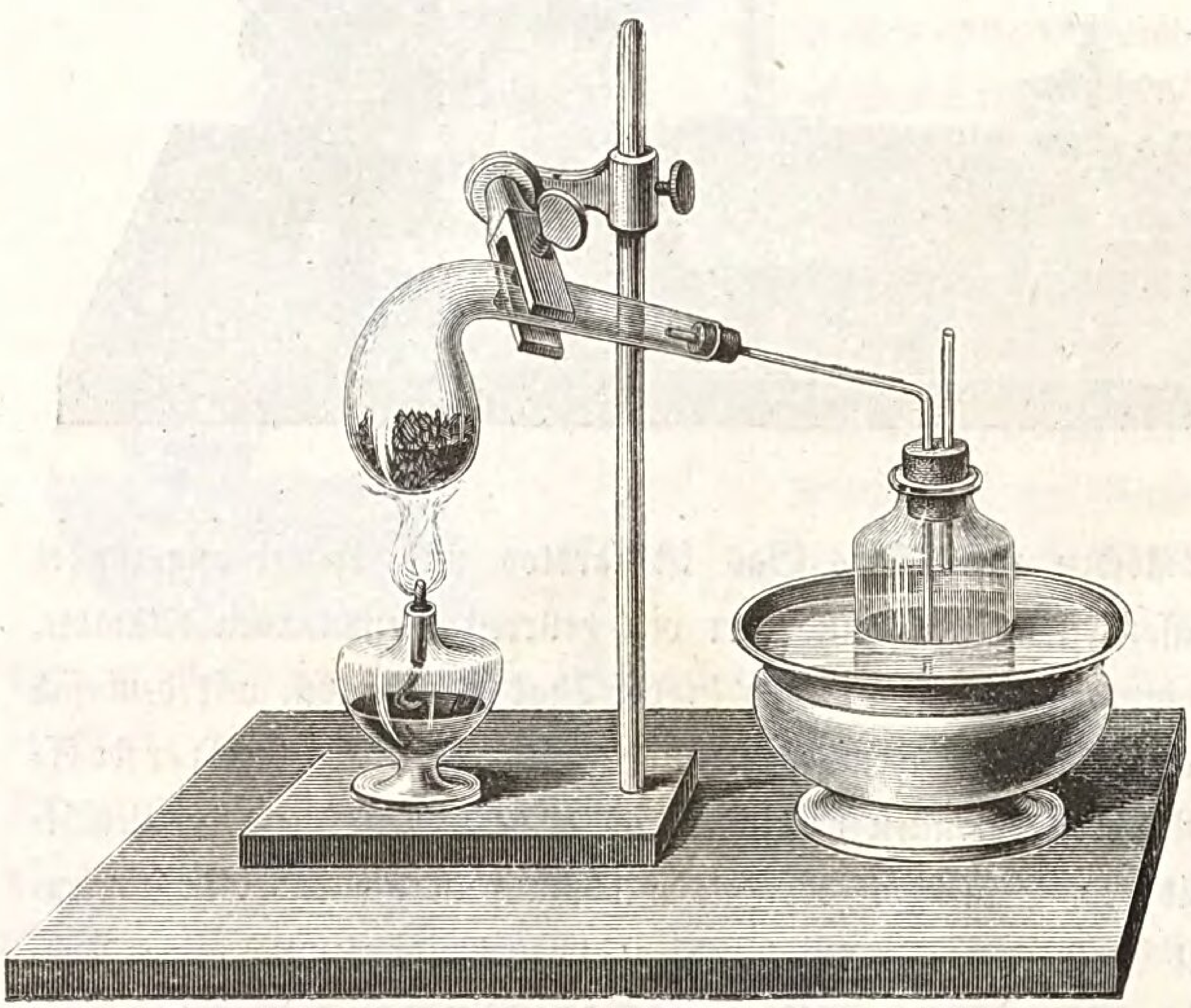
einem Gläschen auf. Das Gas ist farblos und brennt angezündet wie Wasserstoffgas, nur mit einer viel helleren, leuchtenden Flamme. Sein Hauptbestandtheil ist auch in der That Wasserstoff, mit dem sich aber noch Kohlenstoff chemisch verbunden hat (Kohlenwasserstoffgas). Beim Verbrennen verbinden sich beide Bestandtheile des Leuchtgases mit dem Sauerstoff der Luft und wandeln sich dabei in Kohlensäure und Wasser um. In dem Probirgläschen bleibt ziemlich reiner Kohlenstoff, der schon erwähnte Coak, zurück. Will man sich eine größere

Quantität Steinkohlengas darstellen, so kann man statt des **Probir**gläschens eine Retorte anwenden.

Kohlenwasserstoff. Der **Kohlenstoff** bildet mit dem **Wasserstoff** eine sehr zahlreiche Klasse von chemischen Verbindungen; die bekanntesten darunter sind: a) das sogenannte **leichte Kohlenwasserstoffgas** ($H_2$ C), welches aus manchen Steinkohlenlagern ausströmt (Grubengas, 114.), und sich außerdem immer da erzeugt, wo Pflanzenstoffe unter Wasser faulen (Sumpfgas, 445.); es ist wegen seines größeren Wasserstoffgehaltes leichter, und brennt wegen seines geringeren Kohlenstoffgehaltes blasser als b) das sogenannte **schwere Kohlenwasserstoffgas** (H C), welches auch ölbildendes Gas genannt wird (502.) Diese beiden Gasarten ($H_2$ C und H C) machen die Hauptbestandtheile des gewöhnlichen Leuchtgases aus

Holztheer und Holzessig. 119. **Versuch.** Erhitzt man Holz und leitet die flüchtigen Stoffe in ein mit kaltem Wasser umgebenes Gläschen, welches in dem doppelt durchbohrten Korke eine kleine unten und oben offene Glas-

Fig. 72.



röhre enthält, durch welche das Gas entweichen kann, so verdichten sich, während das Leuchtgas oben entweicht, am Boden zwei Flüssigkeiten: eine sehr dickflüssige, klebrige zu unterst, und darüber eine wässerige, dünnere. Die erstere heißt Holztheer; sie ist harzartig, d. h. sie löst sich in Wasser nicht auf. Die andere wird Holzessig genannt; ihr Geschmack und ihre Wirkung (Reaction) auf blaues Probirpapier lassen sie leicht als eine Säure erkennen. Leuchtgas, Holztheer und Holzessig waren aber vorher nicht im Holze enthalten, sondern sind erst aus seinen Bestandtheilen (Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff) während des Erhitzens gebildet worden. Man nennt solche neu gebildete Stoffe: Producte, und zwar in dem vorliegenden Falle Producte der unvollständigen Verbrennung (trocknen Destillation) des Holzes. Im Leuchtgase herrscht Wasserstoff vor, im Holzessig Sauerstoff, im Holztheer Kohlenstoff; alle drei sind wegen Luftmangels gleichsam nur erst halb verbrannt, sie lassen sich daher an der Luft noch weiter verbrennen und werden dabei, gerade wie das Holz, aus dem sie entstanden sind, vollständig zu Kohlensäure und Wasser umgewandelt. In unseren Oefen wird immer ein Theil Holz unvollständig verbrannt, darum setzt sich in den Zügen und Schornsteinen Ruß ab; den zugleich mitgebildeten Holztheer und Essig finden wir in dem sogenannten Glanzruß, der die unteren Essenwände im Innern überzieht. Holztheer und Holzessig.

Eine Operation, bei welcher, wie hier, aus einem festen Körper flüssige Producte gebildet werden, heißt eine trockne Destillation: die hiebei gebildeten Flüssigkeiten haben meistens eine braune Farbe und einen eigenthümlichen, unangenehmen, brenzlichen (empyreumatischen) Geruch und Geschmack. Trockne Destillation.

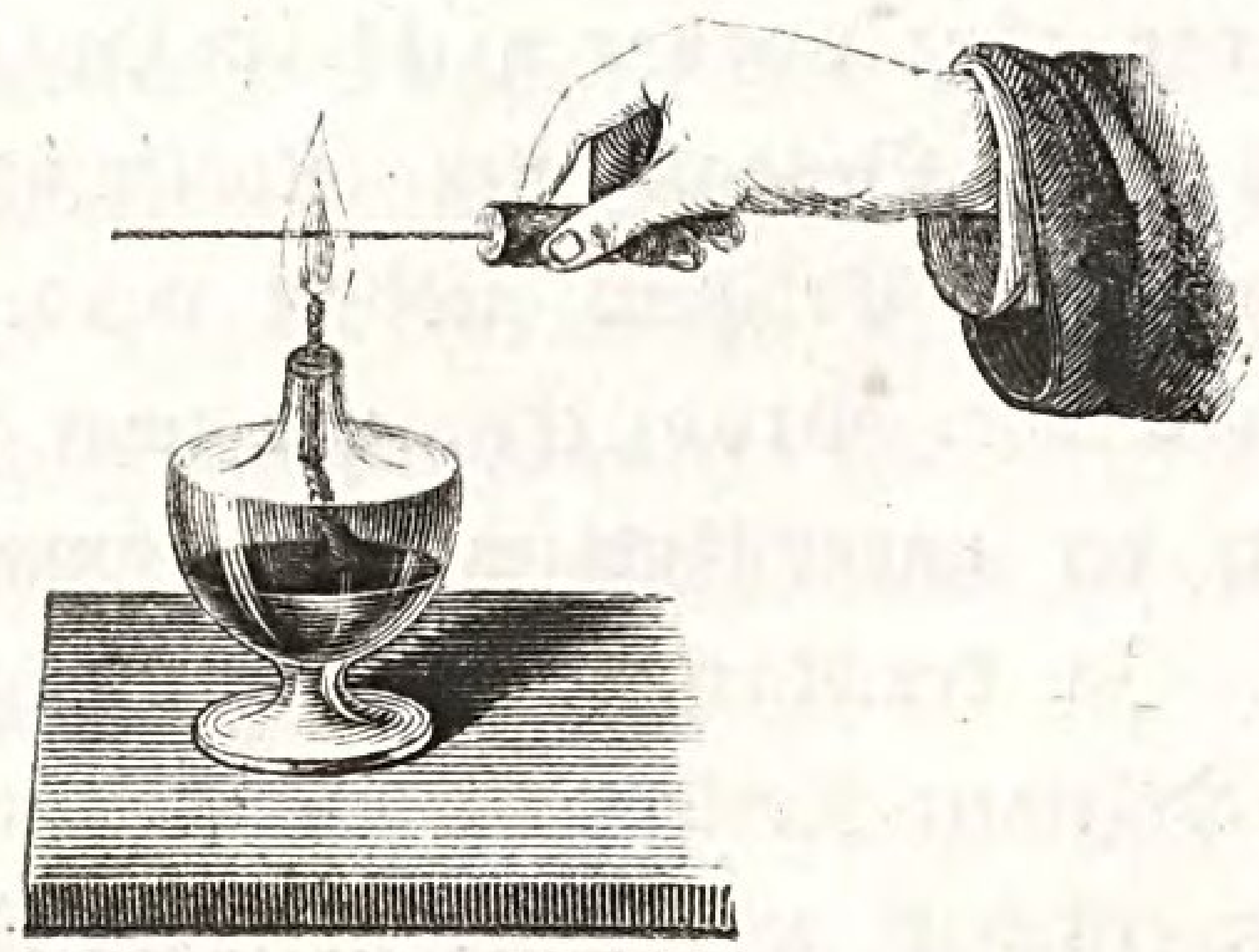
120. Aus dem Vorhergehenden ist bekannt, daß der Wasserstoff sehr leicht und mit Flamme verbrennt, der Kohlenstoff aber schwerer und ohne Flamme; hieraus erklärt sich auf eine einfache Weise, warum unsere Brennmaterialien nur im Anfange der Verbrennung eine Flamme geben, zuletzt dagegen nur glühen: der Wasserstoff ist es, welcher zuerst und zwar flammend verbrennt, nach ihm erst erfolgt die Reihefolge beim Verbrennen.

glühende Verbrennung des Kohlenstoffes. Diese Reihefolge kommt bei allen Brennmaterialien vor, welche gemeinschaftlich Wasserstoff und Kohlenstoff enthalten. Jeder brennende Holzspahn zeigt dies auf's Ueberzeugendste.

Weingeistflamme.

121. Die Flamme von Weingeist besteht aus zwei Theilen: der innere dunkle Kern ist Weingeistdampf; der brennende Mantel rundherum ist Weingeistdampf, welcher sich eben mit dem Sauerstoff der Luft chemisch verbindet. Die spitzige Form der Flamme entsteht durch das Aufsteigen der heißen Luftarten und durch das Zuströmen von kalter Luft von unten. Der Weingeist wird aus dem Gefäße durch die Capillarität des Dochtes (106.) in die Höhe gezogen; er brennt nur blaß, seine Flamme leuchtet aber sogleich stark, wenn man ein gewundenes Stückchen Draht hineinhält oder irgend einen anderen festen Körper darin zum Glühen bringt. Legt man einen dünnen Draht quer durch die Flamme, so bemerkt man, daß er in dem Kerne dunkel bleibt und nur an den beiden Stellen glüht, wo er durch den Mantel geht; die Flamme ist also äußerlich viel heißer als in der Mitte. Die stärkste Hitze findet sich ungefähr in der auf der Zeichnung durch den Strich angedeuteten Höhe; tiefer in die Flamme hinein dürfen Gefäße beim Gebrauche einer Weingeistlampe nie gestellt werden. Auf eine recht augenscheinliche Weise kann man sich noch hievon überzeugen, wenn man ein Zündhölzchen in die Flamme hält; es entzündet sich sogleich am Rande, in der Mitte dagegen nicht, oder doch erst viel später.

Fig. 73.



Talg- oder Oelflamme.

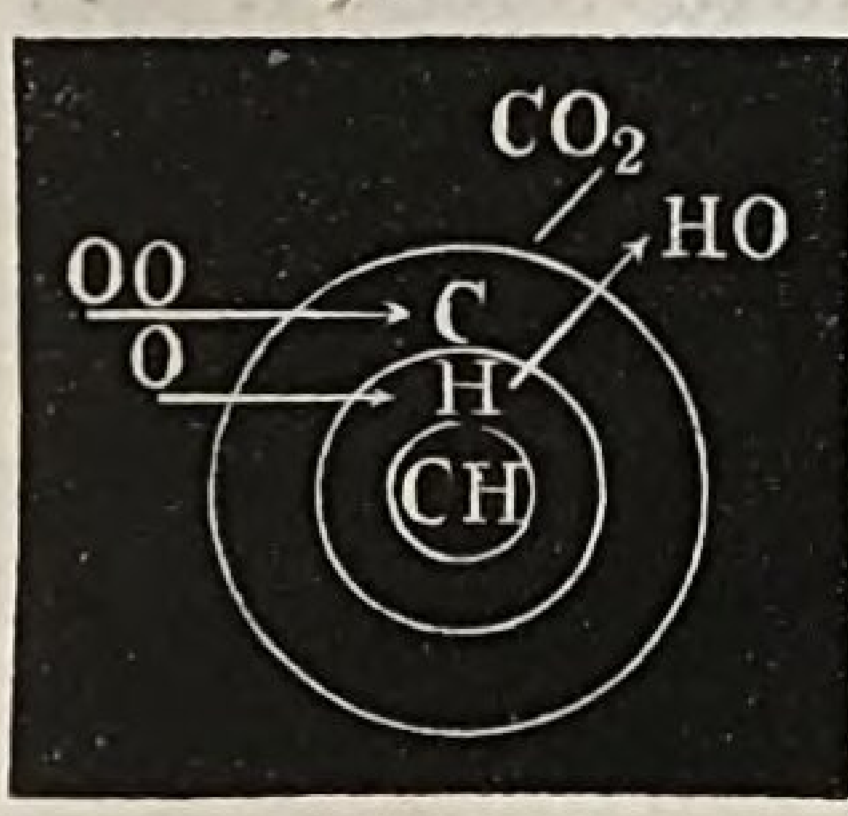
122. Bei einer Talg- oder Oelflamme lassen sich drei Theile unterscheiden: in der Mitte (*a*) der dunkle Kern von Leuchtgas (zer-

setzter Talg), um diesen (b) der hellleuchtende Lichtkegel, bestehend aus verbrennendem Wasserstoff, welcher innig mit weißglühender Kohle gemengt ist, und zu äußerst (c) eine dünne kaum bemerkliche Hülle, in welcher die Kohle verbrennt. Denkt man sich die Flamme in der Mitte durchschnitten, so läßt sich der darin stattfindende Vorgang ungefähr auf beistehende Weise bildlich darstellen. Der mittelste Kreis ist Kohlenwasserstoff oder Leuchtgas; von diesem verbrennt der Wasserstoff zuerst, und die dabei entstehende Hitze macht den Kohlenstoff glühend (dies wird durch den zweiten Kreis angedeutet); in dem äußeren Kreise endlich verbrennt der Kohlenstoff. Der in dem zweiten Ringe glühende Kohlenstoff ertheilt der Flamme die Fähigkeit zu leuchten, gerade wie der glühende Draht die Weingeistflamme leuchtend machte. Hält man ein kaltes Messer in's Licht, so wird ein Theil des glühenden Kohlenstoffes so weit abgekühlt, daß er nicht verbrennen kann, und das Messer wird berußt. Ein quer durch die Flamme gehaltener Draht glüht am Rande am stärksten, ohne berußt zu werden, während er in der Mitte nicht zum Glühen kommt, wohl aber mit Ruß überzogen wird. Talg- oder Oelflamme.

Fig. 74.




Fig. 75.




Das Leuchten einer Flamme rührt, wie die vorstehenden Versuche zeigen, immer von einem festen Körper, gewöhnlich von Ruß her, der in der Flamme glüht; glüht dieser nur roth, so hat die Flamme ein trübes röthliches Licht, ein blendendes, weißes dagegen, wenn der Ruß durch eine vollständigere Verbrennung bis zur Weißglühhitze gebracht wird. Leuchten der Flamme.

---

Die vier bisher abgehandelten einfachen Stoffe bilden die Hauptbestandtheile aller Pflanzen und Thiere, sie können aus diesem Grunde Organogene (Erzeuger der organischen Körper) genannt werden.

---

## Rückblick auf die Organogene.

(Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Kohlenstoff.)

1) Wie wir im Kleinen an uns selbst Körper und Geist unterscheiden, so unterscheidet man auch im Großen in der Natur: *Körper* (Materie, Masse) und *Kräfte* (Geist).

2) Alle Naturkörper sind wägbar. Durch das absolute Gewicht erfahren wir, wie viel ein Körper in der Luft wiegt; durch das specifische Gewicht, wie viel Mal er schwerer oder leichter ist als ein gleichgroßes Stück eines anderen Körpers.

3) Die Körper kommen in drei Aggregatzuständen vor: sie sind entweder fest, flüssig oder gasförmig.

4) Sinnbildlich kann die Erde als Repräsentant für die festen Körper, das Wasser für die flüssigen, und die Luft für die gasförmigen angesehen werden. Das Feuer (Licht und Wärme) kann als Sinnbild für die Naturkräfte gelten.

5) Die einzelnen Theilchen der Körper werden durch eine Kraft zusammengehalten, die das Auseinanderfallen derselben verhindert; man nennt sie *Cohäsionskraft*. Sie ist am stärksten bei den festen Körpern, am schwächsten bei den luftförmigen.

6) Diese Kraft wird geschwächt durch Erwärmung, verstärkt durch Abkühlung; durch Wärme dehnen sich die Körper aus und die einzelnen Theilchen werden auseinandergerückt; durch Abkühlung ziehen sie sich wieder in einen kleinen Raum zusammen.

7) Die Wärme vermag auch den Aggregatzustand der Körper ganz zu ändern: sie macht feste Körper flüssig (Schmelzen) und flüssige gasförmig (Verdunsten, Verdampfen, Kochen).

8) Durch Abkühlung werden gasförmige Körper flüssig (Destillation, Regen), flüssige fest (Erstarren, Gefrieren).

9) Beim Schmelzen und Verdunsten fester und flüssiger Körper wird Wärme *gebunden*, oder latent (Kälteerzeugung); beim Erstarren flüssiger, und bei der Verdichtung gasförmiger Körper wird Wärme *frei* (Wärmeerzeugung).

10) Alle Körper enthalten sonach verborgene Wärme, und zwar die flüssigen immer weniger als die gasförmigen.

11) Feste Körper werden auch flüssig durch Auflösung in einer Flüssigkeit. Sondern sie sich aus solchen Lösungen in regelmäßiger Gestalt wieder aus, so heißen sie krystallisirt. Zur Krystallbildung gehören Beweglichkeit und Zeit.

12) Luftförmige Körper, welche durch Abkühlung leicht flüssig werden, heißen Dämpfe; solche, die schwer oder gar nicht zu Flüssigkeiten werden, Gase.

13) Die Cohäsion der Körper kann auch durch Zerschneiden, Zerstoßen 2c. aufgehoben werden; dabei ändert sich nur die Form derselben, ihrer inneren Natur, ihren Bestandtheilen nach bleiben sie dieselben, wie vorher. Dies sind äußere oder mechanische Veränderungen.

14) Es giebt aber auch Veränderungen, wobei die Körper in ihren Eigenschaften und Bestandtheilen so ganz umgewandelt werden, daß sie als die alten nicht wieder zu erkennen sind, sondern als neue gelten müssen. Dies sind innere oder chemische Veränderungen.

15) Als die Ursache der chemischen Veränderungen sieht man eine Kraft an, mit der alle Körper, manche reich, andere weniger reich begabt sind; sie heißt Affinität oder Verwandtschaft. In den leblosen oder unorganischen Körpern herrscht diese Kraft frei und unbeschränkt, in den lebenden oder organischen Körpern aber wird sie durch die Lebensthätigkeit der Pflanzen und Thiere regulirt.

16) Die Verwandtschaft wirkt nur in der größten Nähe, wenn die Körper sich auf's Innigste berühren.

17) Sie ist, entgegengesetzt der Verwandtschaft unter den Menschen, um so stärker, je unähnlicher sich ein Paar Körper sind, um so schwächer, je mehr sie sich gleichen.

18) Die chemischen Veränderungen können auf eine doppelte Weise erfolgen, entweder durch Vereinigung einfacher Stoffe zu zusammengesetzten (Verbinden, Mischen), oder durch Trennung der zusammengesetzten in ihre Bestandtheile (Scheiden, Zerlegen, Analysiren).

19) Bei der Zerlegung gelangt man endlich zu Körpern, die sich nicht weiter zersetzen lassen; diese heißen einfache Körper oder chemische Elemente. Man kennt ihrer bis jetzt einige sechzig. Ein Element läßt sich nicht in ein anderes verwandeln.

20) Der elektrische oder galvanische Strom ist im Stande, alle chemischen Verbindungen zu zerlegen, welche diesen Strom leiten.

21) Durch Wärme wird die Verwandtschaft der Körper zu einander bald verstärkt, bald geschwächt; die Wärme hilft Körper verbinden, sie hilft aber auch Verbindungen zerlegen.

22) Alle chemischen Verbindungen erfolgen nach fest bestimmtem Maaß und Gewicht. Diese Gesetzmäßigkeit findet auch dann Statt, wenn ein Körper sich in mehreren Verhältnissen mit einem anderen verbindet (Orydationsstufen rc.).

23) Bei fast allen chemischen Veränderungen entsteht Erwärmung: diese steigert sich nicht selten bis zur Erscheinung von Feuer (Verbrennung).

24) Was wir im gewöhnlichen Leben Verbrennung nennen, ist ein Vereinigen von Kohlenstoff oder Wasserstoff mit dem Sauerstoff der Luft, eine Orydation.

25) Orydiren heißt: einen Körper mit Sauerstoff verbinden; der mit Sauerstoff verbundene Körper wird Oryd (im weiteren Sinne) genannt.

26) Es giebt zweierlei sich ganz entgegengesetzte Arten von Oryden: saure und basische; die Nichtmetalle geben mit Sauerstoff vorzugsweise Säuren, die Metalle vorzugsweise Basen (Oryde im engeren Sinne).

27) Säuren und Basen haben eine sehr große Verwandtschaft zu einander; wenn sie sich mit einander vereinigen, so verschwinden in vielen Fällen die sauren Eigenschaften der ersteren und die basischen der letzteren auf's Vollständigste (Neutralisation). Der neugebildete Körper wird ein Salz genannt.

28) Die chemischen Elemente werden mit den Anfangsbuchstaben ihrer lateinischen Namen bezeichnet (chemische Zeichen); aus letzteren

bildet man die chemischen Formeln, welche uns die Bestandtheile der zusammengesetzten Körper auf eine übersichtliche Weise angeben.

## Zweite Gruppe der Nichtmetalle: Pyrogene.

### Schwefel, Sulphur (S).

(At.-Gew. = 200. — Specif. Gew. = 2,0.)

— Seit den ältesten Zeiten bekannt. —

123. Der allbekannte gelbe Schwefel, den wir, seiner leichten Brennbarkeit wegen, als das gewöhnlichste Mittel zum Anzünden von Feuer benutzen, hat weder Geschmack noch Geruch. Er hat keinen Geschmack, weil er im Wasser nicht auflöslich ist. Werfen wir etwas Schwefelpulver in kaltes oder auch heißes Wasser, es zergeht nicht darin, es löst sich nicht auf. Wir bemerken immer nur an solchen Körpern Geschmack, welche im Stande sind, sich im Wasser, sonach auch in dem wässerigen Speichel des Mundes aufzulösen, z. B. an Kochsalz und Zucker, nicht aber an unlöslichen Körpern, wie an den Steinen, der Kohle, Stärke ꝛc. Der Schwefel riecht nicht, weil er bei gewöhnlicher Temperatur nicht verdampft. Wir können nur Geruch an einem Körper wahrnehmen, wenn flüchtige, also gas- oder dampfförmige Theilchen von ihm ausgehen und bis in's Innere unserer Nase gelangen.

*Schmecken.* *Riechen.*

124. **Versuch.** Der Schwefel ist schmelzbar. Man erhitze in einem kleinen Töpfchen von braunem Steingut 4 Loth Schwefelpulver durch eine Weingeistlampe: es zergeht, wenn es ein wenig heißer geworden ist als kochendes Wasser, zu einer bräunlichen, dünnen Flüssigkeit. Gießt man etwas davon in kaltes Wasser, so erhält man wieder festen Schwefel. Dieser sinkt, wenn er nach vorherigem Abtrocknen in das Töpfchen zurückgegeben wird, in der flüssigen Masse unter; fester Schwefel ist also schwerer als geschmolzener, und ebenso verhalten sich fast alle anderen Körper. Eis bildet in dieser Beziehung eine Ausnahme, es schwimmt auf dem Wasser.

*Schwefel schmilzt durch Wärme.*

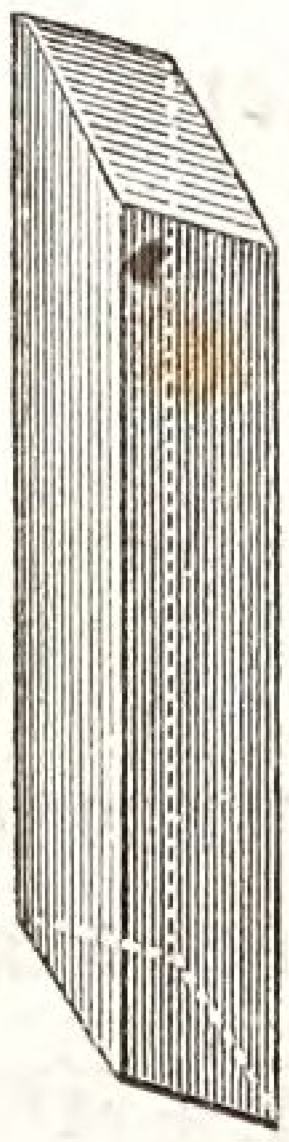
125. **Versuch.** Der Schwefel ist krystallisirbar. Man lasse das Gefäß mit dem geschmolzenen Schwefel so lange stehen, bis auf

*Krystallisiren geschmolzener Körper.*

Krystallisiren geschmolzener Körper.

der Oberfläche eine Rinde entstanden ist; diese durchstoße man schnell und kehre dann das Gefäß um, damit der in der Mitte noch vorhandene flüssige Schwefel herauslaufe. Nach dem Zerschlagen des erkalteten Töpfchens findet man den mittleren hohlen Raum ganz mit langen, säulenförmigen Krystallen durchzogen, welche die beistehende Gestalt haben und schiefe rhombische Säulen heißen. Dies ist die zweite Methode, um Körper krystallisirt zu erhalten; sie unterscheidet sich von der Krystallisation des Salpeters oder Kochsalzes (50., 52.) dadurch, daß in dem einen Falle der Körper durch ein Auflösungsmittel, in dem anderen durch Hitze flüssig gemacht wurde.

Fig. 76.



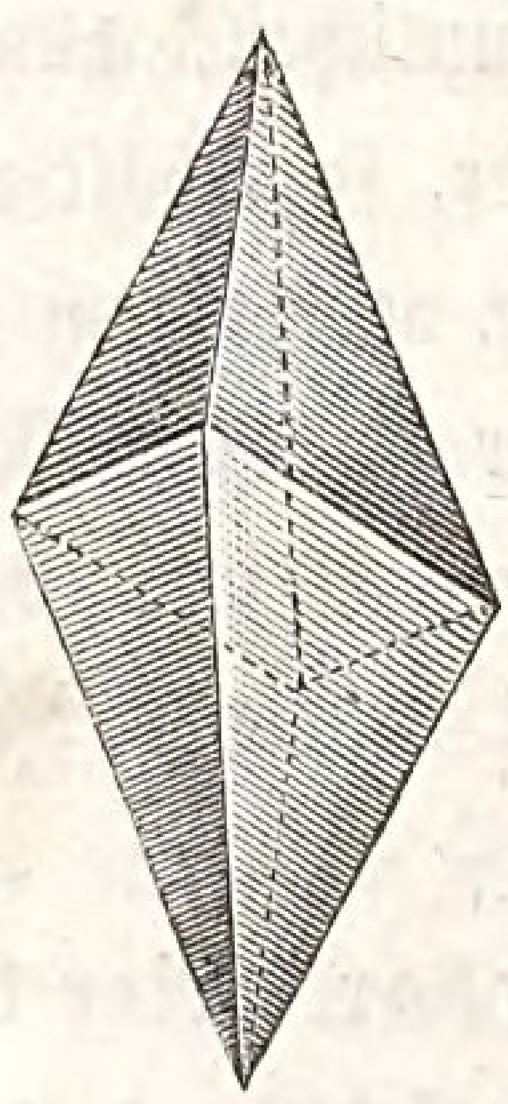
Krystallinisches Gefüge.

Läßt man den Schwefel ruhig erkalten, ohne von ihm, wenn er halb erstarrt ist, den noch flüssigen Theil abzugießen, so wird dieser auch noch fest, und es bilden sich so viele Krystalle, und so dicht an einander, daß zwischen ihnen kein Platz leer bleibt. Die zerschlagene dichte Schwefelmasse hat dann ein schimmerndes Ansehen, weil das Licht da, wo es auf die Flächen der kleinen Krystalle trifft, mehr zurückgeworfen wird als an den anderen Stellen, wodurch diese Flächen einen stärkeren Glanz erhalten. Man sagt von solchen Körpern, sie sind krystallinisch oder sie haben ein krystallinisches Gefüge.

Dimorphie des Schwefels.

126. Im Innern der Erde, besonders in Gegenden, wo Vulcane sind oder in der Vorzeit waren, finden sich nicht selten große Lager von Schwefel (natürlicher Schwefel) und darin Spalten und Höhlungen, überzogen mit den schönsten Krystallen, die die Natur in geheimnißvoller Tiefe vielleicht im Laufe von Jahrtausenden bildete. Diese natürlichen Schwefelkrystalle haben eine ganz andere Gestalt, als die durch Schmelzung künstlich dargestellten. Sie sehen aus wie zwei spitze, vierseitige, an einander gefügte Pyramiden; man nennt eine solche Form ein spitzes Octaëder, weil sich acht spitze

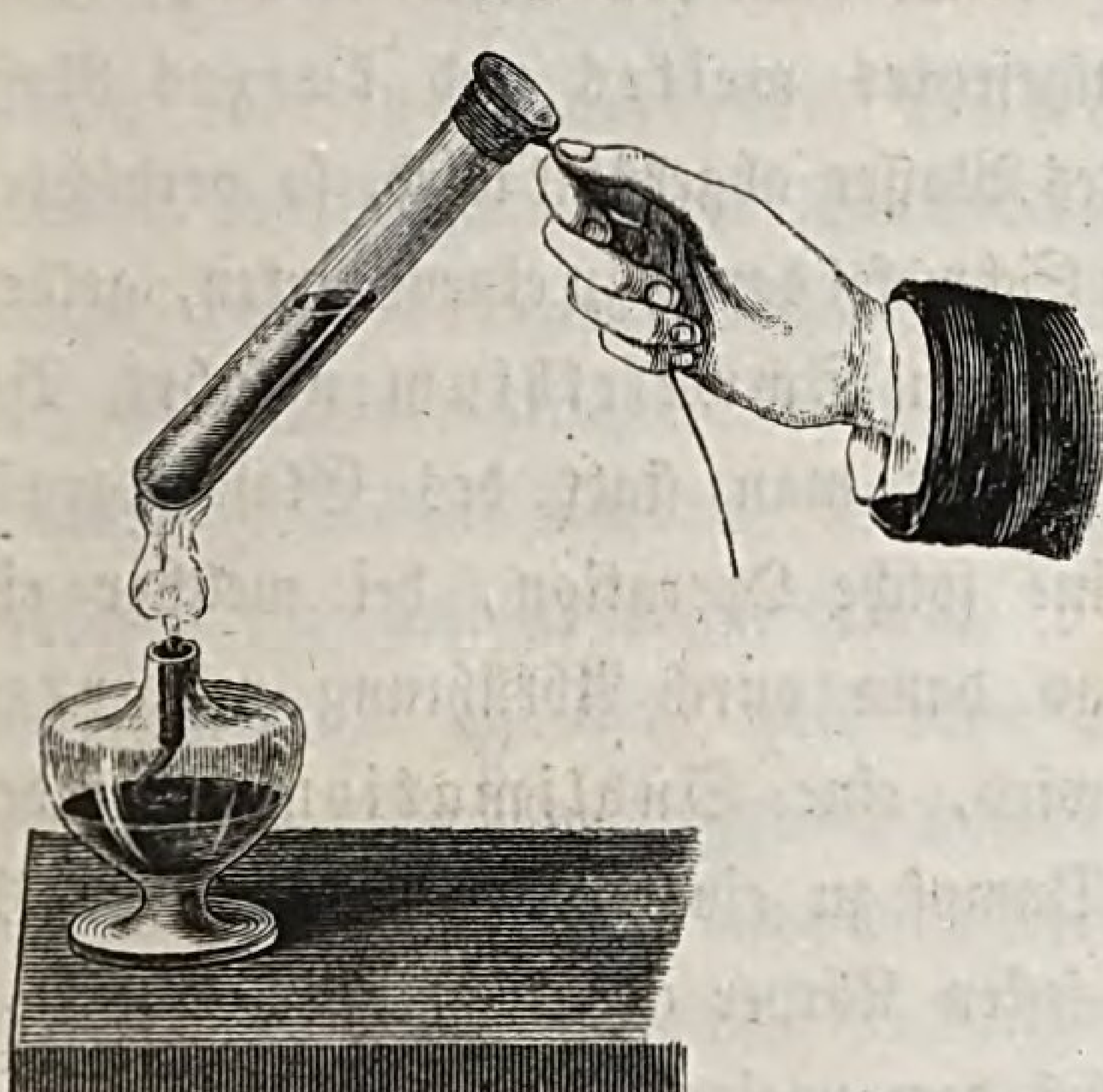
Fig. 77.



Dreiecke daran unterscheiden lassen. Der Schwefel kann also, ähnlich wie die Kohle im Diamant und Graphit, zweierlei verschiedene Gestalten annehmen: er ist dimorph.

127. **Versuch.** Wir können sogar die Mannigfaltigkeit, mit welcher die göttliche Kraft, deren Wirken in der Natur wir gewöhnlich selbst mit dem Namen Natur bezeichnen, manche Körper begabt hat, beim Schwefel noch weiter verfolgen. Man fülle ein Probirgläschen, das man mittelst eines umgelegten Drahtes über einer Weingeistlampe befestigt hat, voll Schwefelpulver; dieses sinkt beim Schmelzen so zusammen, daß das Gläschen nur noch halb voll bleibt. Der Schwefel schmilzt erst dünn, wie Wasser, bei weiterem Erhitzen aber wird er braun und so dick und zähe, daß er beim Umkehren des Gefäßes kaum noch aus demselben herausfließt. Gießt man jetzt etwas davon in kaltes Wasser, so erhält man eine durchsichtige, weiche, elastische Masse, welche sich erst nach einigen Tagen wieder in festen Schwefel umwandelt. Man nennt diesen dem geschmolzenen Glase ähnlichen Schwefel, wie alle anderen glasartigen Körper überhaupt, amorph oder gestaltlos, weil sich an ihnen irgend eine bestimmte Gestalt nicht unterscheiden läßt. Gummi, Pech, Leim 2c. sind glasartig-amorphe Substanzen. Amorpher Schwefel.

Fig. 78.



Durch vielmal wiederholtes Umschmelzen und schnelles Abkühlen läßt sich der Schwefel, dem Phosphor ähnlich (139.), in allotropische Zustände überführen, worin seine Eigenschaften wesentlich anders sind als im gewöhnlichen Zustande. Die bemerkenswerthesten dieser Modificationen sind der schwarze Schwefel und der rothe. Allotropie des Schwefels

Schwefeldampf. 128. **Versuch.** Wird der Schwefel in dem Probirgläschen noch stärker erhitzt, ungefähr viermal stärker als kochendes Wasser, so fängt er an zu sieden und verwandelt sich dabei in eine braunrothe Luftart, in Schwefeldampf; er ist also flüchtig und kann, gerade wie das Wasser, alle drei Aggregatzustände (fest, flüssig und luftförmig) annehmen. Der feste Schwefel ist noch einmal so schwer als Wasser, der Schwefeldampf 6½mal schwerer als gewöhnliche Luft. Im Innern des Gläschens ist der Schwefeldampf durchsichtig und braunroth, außerhalb desselben dagegen erscheint er als ein gelblicher Rauch, weil er sich in der kalten Luft wieder zu Stäubchen von festem Schwefel verdichtet. Leitet man den Schwefeldampf durch ein auf das Probirgläschen aufgesetztes weites und kurzes Rohr in ein Glas, welches durch kaltes Wasser abgekühlt wird, so verdichten sich die gedachten Stäubchen von Schwefel darin zu einem zarten, gelben Pulver, welches im Handel den Namen Schwefelblumen führt. Bei der Darstellung im Großen wendet man statt des Glases große Kammern an. Man nennt eine solche Operation, bei welcher ein flüchtiger Körper verdampft und dann durch Abkühlung wieder zu einem festen Körper verdichtet wird, eine Sublimation. Bei der Destillation verdichtet sich der Dampf zu einer Flüssigkeit (Destillat), bei der Sublimation zu einem festen Körper (Sublimat).

Schwefelblumen.

Stangenschwefel. Kühlt man die Vorlage bei dem vorigen Versuche nicht ab, so wird sie nach und nach so heiß, daß der Schwefel als Flüssigkeit übergeht (destillirt). Dies ist der Weg, auf welchem man im Großen den natürlichen Schwefel reinigt; die beigemengten erdigen Theile sind nicht flüchtig, sie bleiben daher zurück, während aller Schwefel verdampft und wieder verdichtet wird. Man gießt den geschmolzenen Schwefel gewöhnlich in nasse Holzformen und nennt ihn dann Stangenschwefel.

Präcipitirter Schwefel. 129. **Versuch.** Man fülle ein eisernes Schälchen halb voll Seifensiederlauge, setze eine Messerspitze Schwefelblumen hinzu und koche das Gemisch unter Umrühren einige Zeit: ein Theil des Schwefels löst sich auf und färbt die Flüssigkeit braungelb. Die Flüssigkeit wird nun klar abgegossen, mit Wasser verdünnt und mit Essig vermischt: sie wird sofort ein

milchähnliches Ansehen bekommen, weil der Schwefel sich in Gestalt eines überaus feinen Pulvers aus der Lösung ausscheidet, welches so leicht ist, daß es sich einige Zeit in der Flüssigkeit schwebend erhält und erst nach längerem Stehen zu Boden setzt. Man bringt es auf ein Filtrum, wäscht es mit Wasser aus und trocknet es in gelinder Wärme. Es heißt Schwefelmilch oder präcipitirter Schwefel und ist Schwefel in der feinsten Zerkleinerung oder Vertheilung, zu welcher er dadurch gelangte, daß die einzelnen Schwefeltheilchen durch die vielen dazwischen liegenden Wassertheilchen bei ihrer Trennung von den letzteren aus einander gehalten wurden. Der Schwefel hat in dieser feinen Zertheilung eine gelblich weiße Farbe, er wird aber wieder deutlich gelb, wenn man ihn schmilzt, weil beim Schmelzen die einzelnen Schwefelstäubchen sich einander wieder nähern und zu größeren Massen vereinigen können. Man benutzt diese Methode in der Chemie sehr häufig, um feste Körper in das feinste Pulver zu verwandeln. Solche staubartige Körper werden nicht selten ebenfalls amorph, und zwar zur Unterscheidung von den glasartig-amorphen Körpern pulverig-amorph genannt. Präcipitirter Schwefel.

Fig. 79.



Die Auflösung des Schwefels in Lauge geht keineswegs so einfach vor sich, wie etwa die des Zuckers oder eines Salzes in Wasser, es bilden sich vielmehr nebenbei noch mehre eigenthümliche Schwefelverbindungen mit den Bestandtheilen des Wassers; die eine davon, Schwefelwasserstoff (HS), ist luftförmig und verursacht den unangenehmen Geruch, der sich beim Zusatz des Essigs zur Schwefellösung entwickelt. Der Essig selbst verbindet sich mit den Bestandtheilen der Lauge und diese verliert dann die Fähigkeit, den Schwefel aufgelöst zu erhalten.

130. **Versuch.** Erhitzt man den Schwefel in einem Gefäße, welches die Luft frei zutreten läßt, z. B. in einem Blechlöffel, oder Brennen des Schwefels.

Brennen des Schwefels. berührt man ihn mit einem glühenden Körper, so **brennt** er mit blauer Flamme, d. h. er verbindet sich mit dem Sauerstoff der Luft unter Feuererscheinung und bildet damit, wie dies schon früher (64.) gezeigt worden ist, eine stechend riechende Luftart, die schweflige Säure ($SO_2$). Tritt zu dieser noch ein Atom Sauerstoff, so entsteht daraus die bekannte, höchst wichtige Schwefelsäure ($SO_3$).

Die Eigenschaft des Schwefels, schon bei geringer Erhitzung an- und fortzubrennen, hat ihn zu dem gewöhnlichsten **Zündmittel** gemacht, durch das wir andere, schwerer brennbare Körper bis zu der Temperatur erhitzen, bei welcher sie fortbrennen können (Schwefelfaden, Schwefelhölzchen, Schießpulver, Feuerwerke rc.). Das Anzünden eines einfachen Steinkohlenfeuers zeigt recht deutlich, wie man durch stufenweisen Uebergang von leicht entzündlichen Brennmaterialien zu schwer entzündlichen nach und nach dahin gelangt, die letzteren bis zu dem Wärmegrade zu erhitzen, bei dem sie an- und fortbrennen können. Die durch Reibung glühend gewordenen Stahlstückchen des Feuerstahls z. B. bringen die feinzertheilte Kohle des Zunders zum Glimmen, diese erhitzt den Schwefelfaden bis zur Entzündung, und durch dessen Hitze kommen nach und nach erst Stroh, dann Holz und endlich die schwer brennbaren Steinkohlen bis zu der Temperatur, welche sie zum Brennen nöthig haben. Man erhält hier folgende Verbrennlichkeitsscala: feinzertheilte Kohle, — Schwefel, — Stroh, — Holz, — Steinkohlen.

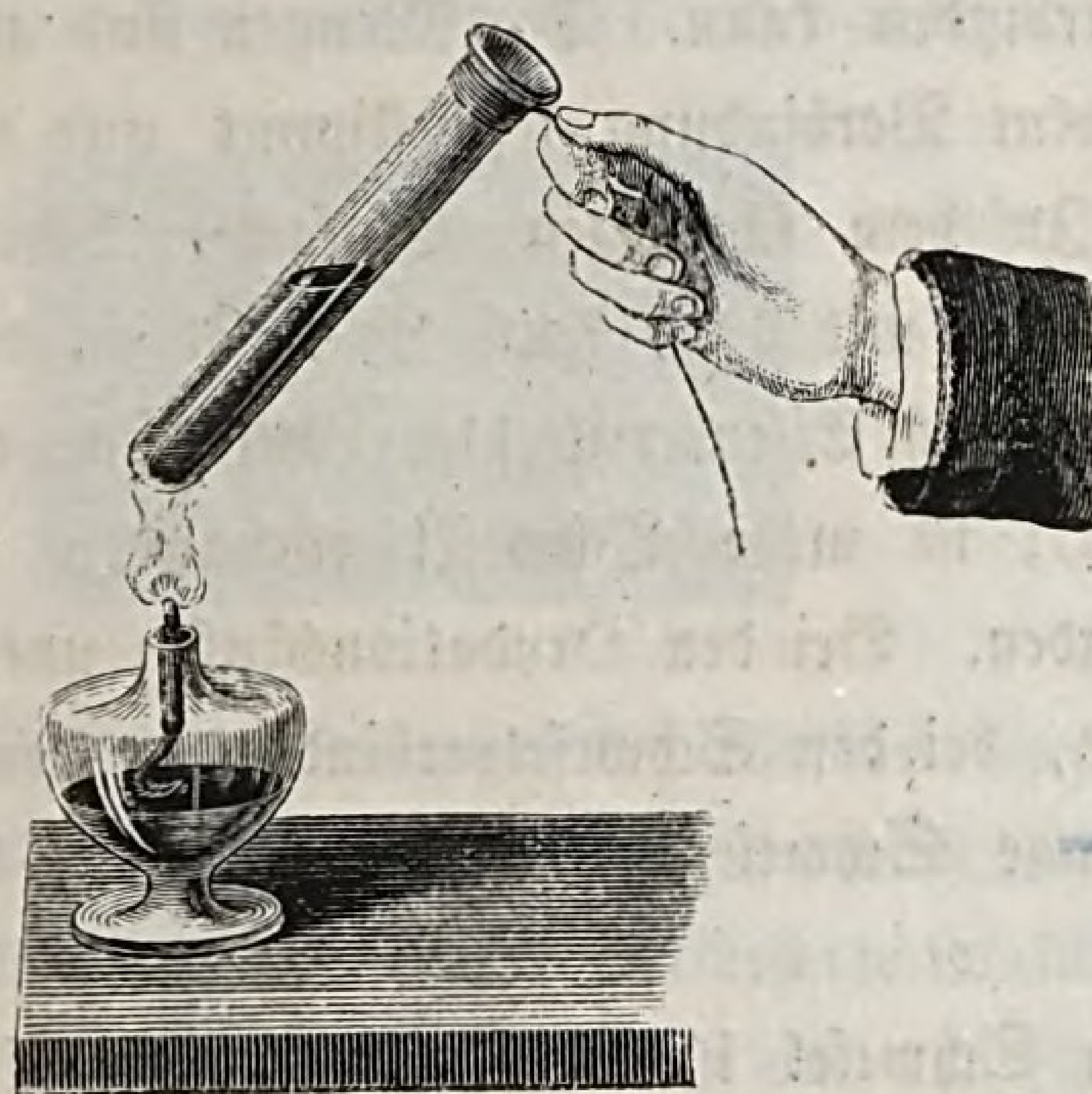
131. Der Schwefel ist nach dem Sauerstoff der **stärkste chemische Körper**, er kann sich, wie dieser, mit allen anderen Elementen verbinden und thut dies mit großer Lust und Liebe.

Schwefeldampf und Kupfer. **Versuch.** In einem Probirgläschen bringe man etwas Schwefel zum Kochen und halte einen Streifen von ganz dünnem **Kupferblech** in den braunrothen Dampf: das Kupfer geräth für einige Augenblicke in lebhaftes Glühen und verliert dabei seine rothe Farbe und seine Biegsamkeit, es wird grau und spröde und wiegt $1/4$ mehr als vorher. Der neuentstandene, graue, strahlig-krystallinische Körper heißt **Schwefelkupfer**. Beide Elemente haben sich,

und zwar in ganz bestimmter Menge, auf's Innigste mit einander vereinigt; sowohl dei Eigenschaften des Schwefels als die des Kupfers sind dabei auf's Vollständigste verschwunden. Die Hitze, welche bis zum Glühen stieg, ist eine Folge der chemischen Verbindung, da einem Naturgesetze zufolge überall, wo sich Körper chemisch mit einander verbinden, auch Wärme entsteht; in den meisten Fällen geht aber die Erhitzung nicht bis zum Glühen oder Verbrennen.

Schwefeldampf und Kupfer.

Fig. 80.



Auf ähnliche Weise kann man fast alle übrigen Metalle in Schwefelmetalle verwandeln. Wir finden aber von diesen auch viele schon fertig gebildet in der Erde, und die Bergleute nennen sie: Glanze, Blenden oder Kiese. Der fast in allen Steinkohlen anzutreffende wie Messing glänzende Schwefelkies ist Schwefeleisen, der rothe Zinnober ist Schwefelquecksilber 2c. Auch das oben künstlich dargestellte Schwefelkupfer trifft man als Erz an: es heißt dann Kupferglanz.

**Versuch.** 1½ Loth Eisenfeile und 1 Loth Schwefelblumen werden in einem kleinen Töpfchen mit ½ Loth Wasser zusammengerührt und an einen warmen Ort gestellt: die Masse erhitzt sich, das Wasser verdampft, und man hat nach ½ Stunde ein staubiges, schwarzes Pulver, in dem sich nichts mehr von einzelnen Eisen- oder Schwefeltheilchen wahrnehmen läßt; es ist eine chemische Verbindung, Schwefeleisen, entstanden. Mengt man die beiden Stoffe ohne Wasser zusammen, so entsteht keine Vereinigung, außer wenn man sie bis zum Glühen erhitzt; das Wasser bewirkt die Verbindung, weil es die Schwefel- und Eisentheilchen so nahe zusammenbringt, daß sie sich chemisch anziehen können; es ist gleichsam die Brücke, die den Uebergang des einen Körpers zu dem anderen vermittelt.

Schwefel und Eisen.

Schwefelungsstufen.

Der Schwefel hat mit dem Sauerstoff noch die Aehnlichkeit, daß er sich mit anderen Körpern, je nach den Umständen, bald in größeren, bald in geringeren Mengen verbinden kann. Die Mengen sind aber auch hier immer für jede einzelne Verbindung festbestimmt und unveränderlich (stöchiometrisch). In dem schwarzen (Einfach-) Schwefeleisen sind immer 100 Loth Eisen mit $57\frac{1}{2}$ Loth Schwefel, in dem gelben Schwefelkies immer 100 Loth Eisen mit 115 Loth Schwefel verbunden (Schwefelungsstufen); ist mehr Schwefel vorhanden, so bleibt der Ueberschuß unverbunden. Bei den Oxydationsstufen unterschied man Oxyde und Oxydule, bei den Schwefelverbindungen nennt man die mit der größten Menge Schwefel: Sulfide, die mit der geringeren: Sulfüre.

Das chemische Zeichen für Schwefel ist = S. Fe S heißt hiernach Eisensulfür; $Fe S_2$ Eisensulfid. Fe, der Anfang des Namens Ferrum, ist das Zeichen für Eisen.

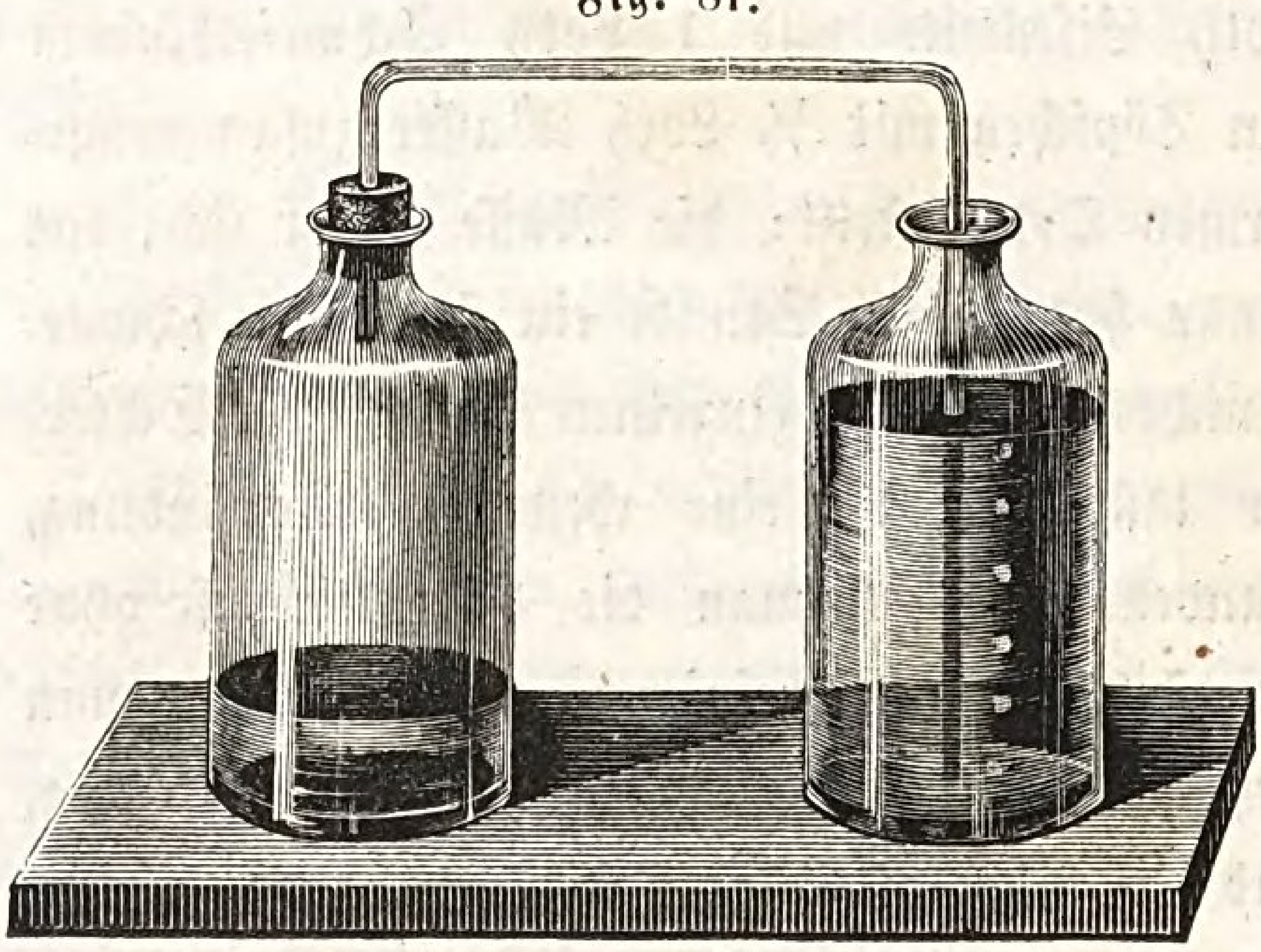
## Schwefelwasserstoff oder Hydrothionsäure (HS).

— Zusammensetzung 1796 von Berthollet nachgewiesen. —

Schwefel und Wasserstoff.

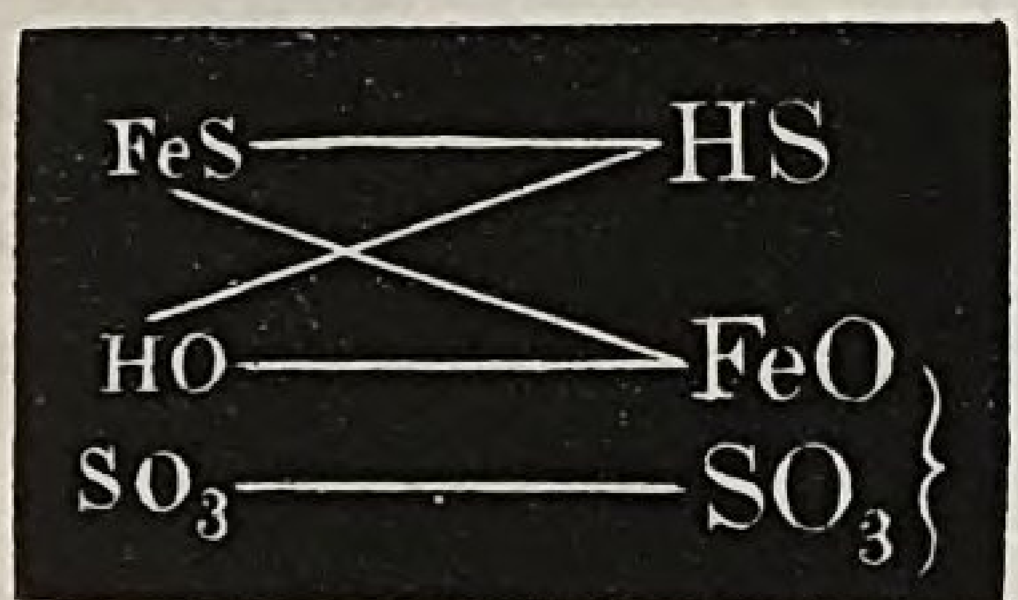
132. **Versuch.** In ein Vierunzenglas schütte man 1 Lth. Schwefeleisen (FeS) und 1 Lth. verdünnte Schwefelsäure (84.) und verstopfe das Glas schnell mit einem Korke, der mit einer Glasröhre verbunden ist. Diese taucht mit dem längeren Schenkel in ein mit kaltem Wasser angefülltes Glas. Zuerst entweicht die in dem ersteren Gefäße und der Glasröhre enthaltene atmosphärische Luft, dann aber kommt

Fig. 81.



eine sehr stinkende Luftart, welche sich im Wasser auflöst und dasselbe gleichfalls nach faulen Eiern stinkend macht. Dieses Gas heißt Schwefelwasserstoff. Der Vorgang hiebei ist ganz so wie bei der Wasserstoffbereitung aus Eisen (84.). Es wird Wasser zerlegt; der Sauerstoff desselben oxydirt das Eisen zu Eisenoxydul, welches mit der Schwefelsäure Eisenvitriol bildet; der Wasserstoff des Wassers dagegen entweicht und nimmt den im Schwefeleisen enthaltenen Schwefel als Gesellschafter mit. Das leichte, unter allen Umständen luftförmige Wasserstoffgas hat im hohen Grade die Fähigkeit, auch andere nicht- oder doch schwerflüchtige Körper, wenn es sich mit ihnen verbindet, luftförmig zu machen, ähnlich wie ein begeisterter Sprecher auch trägen und gleichgültigen Zuhörern seinen Enthusiasmus mitzutheilen vermag. Selbst der noch nie zum Schmelzen, viel weniger zum Verdampfen gebrachte Kohlenstoff wird zum leichten Gas, wenn er sich, wie im Leucht- und Sumpfgase, mit Wasserstoff verbindet.

Schwefel und Wasserstoff.

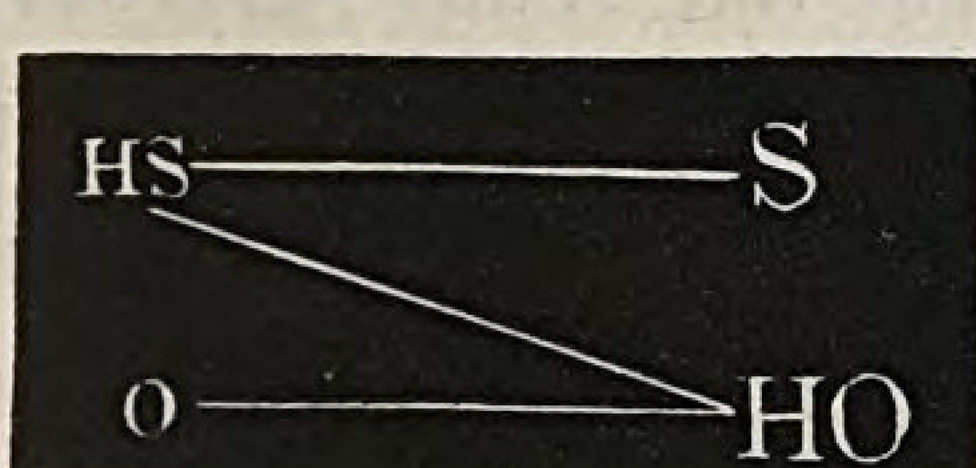



flüchtig.

nicht flüchtig.

Hört die Gasentwickelung auf, so gießt man abermals etwas verdünnte Schwefelsäure zu, damit sich von Neuem Gas erzeuge. Das Wasser ist mit dem Gase gesättigt, wenn beim Umschütteln der die Oeffnung des Gefäßes verschließende Finger nicht mehr angezogen oder richtiger, angedrückt wird; 1 Maaß Wasser enthält dann 2½ Maaß davon aufgelöst. Es wird in kleinen, gut verstöpselten Gläsern unter dem Namen Schwefelwasserstoffwasser aufgehoben. Beim Zutritt der Luft wird es trübe, weil der Sauerstoff der Luft sich mit dem Wasserstoff des Schwefelwasserstoffs zu Wasser vereinigt und der Schwefel dann als feines Pulver niederfällt.

Schwefelwasserstoff und Wasser.




fest.

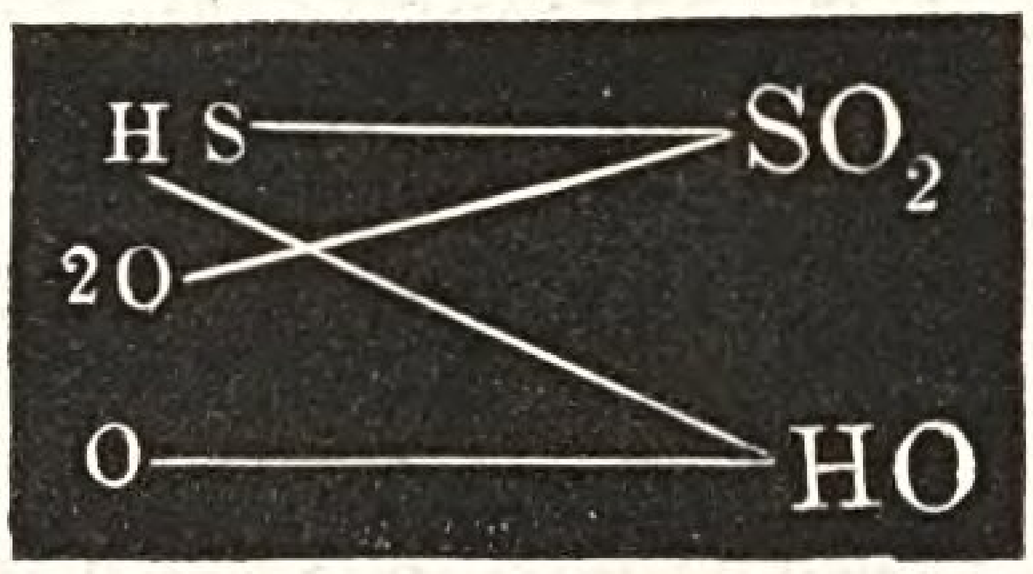
flüssig.

Entfernt man während der Gasentwicklung das Wasserfläschchen, so kann man das Gas durch einen brennenden Fidibus entzünden; es

Schwefelwasserstoff ist brennbar.

Schwefelwasserstoff ist brennbar.

brennt mit blauer Flamme, und dabei verschwindet der stinkende Geruch gänzlich, dafür aber tritt der bekannte Geruch des brennenden Schwefels auf. Beide Bestandtheile verbinden sich mit dem Sauerstoff der Luft, und darin eben besteht die Verbrennung; aus dem Schwefel wird dabei schweflige Säure, aus dem Wasserstoff Wasser.




gasförmig.
flüssig.

Schwefelwasserstoff ist giftig.

Das Schwefelwasserstoffgas ist **schädlich** für die Gesundheit, man muß sich daher vor dem Einathmen desselben hüten; am einfachsten geschieht dies, wenn man bei Versuchen mit demselben einen Ort auswählt, wo ein Luftzug stattfindet, durch welchen es weggeweht wird. Ein vor den Mund gehaltenes, mit etwas Weingeist befeuchtetes Tuch ist gleichfalls ein gutes Schutzmittel.

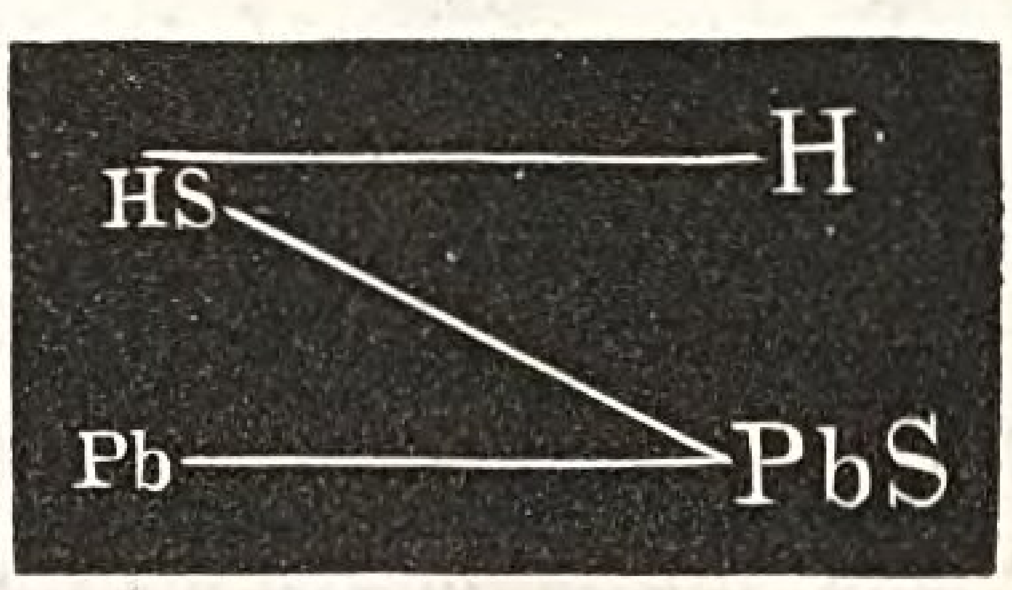
Schwefelwasserstoff ist eine Säure.

Schwefelwasserstoffgas macht blaues Lackmuspapier roth, auch kann es sich mit vielen Basen verbinden, es gehört daher zu den Säuren. Man nennt es deshalb auch, nach den zwei griechischen Namen für Wasser (Hydor-) und Schwefel (thion-): **Hydrothionsäure**. Die Eigenschaft, andere Körper sauer zu machen, kommt demnach nicht dem Sauerstoff allein zu, sondern auch dem Wasserstoff; der letztere vermag dies aber nur bei einigen wenigen Elementen, der Sauerstoff bei sehr vielen.

Schwefelwasserstoff und Metalle

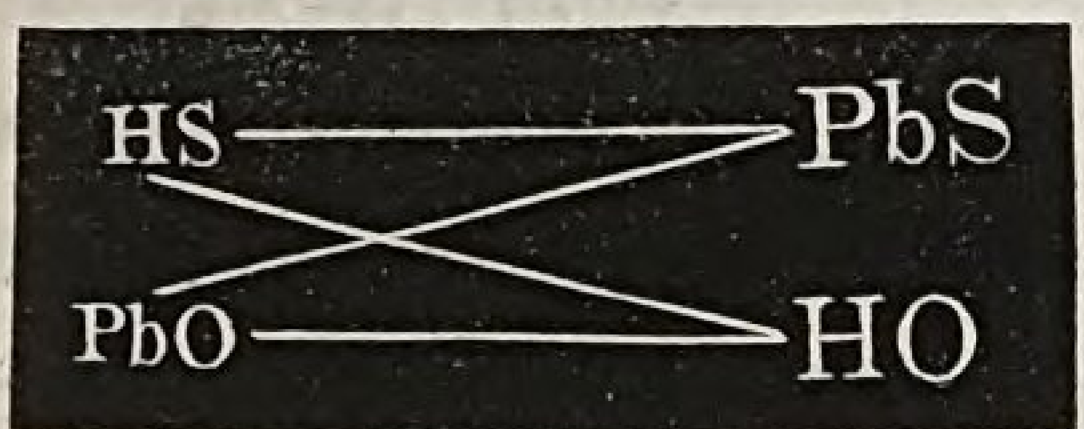
133. **Versuche mit Schwefelwasserstoffwasser.**

**Versuch a.** Man gieße einige Tropfen Schwefelwasserstoffwasser auf eine blanke **Silber-** oder **Kupfermünze**, und auf ein Stück **Blei** und **Eisen**: die ersten drei Metalle laufen schnell an und werden endlich schwarz; sie verbinden sich nämlich mit dem Schwefel zu dunkeln **Schwefelmetallen**, während der Wasserstoff entweicht; das Eisen hingegen wird nicht verändert. Pb ist das Zeichen für Blei Plumbum.




gasförmig.
fest.

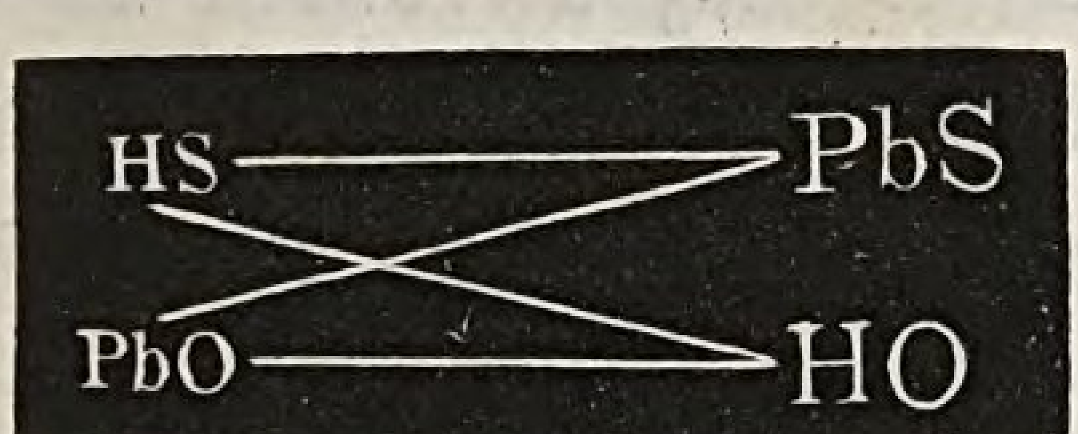
Versuch b. Man schütte in ein Probirgläschen eine Messerspitze voll Bleiglätte, in ein anderes etwas geglühten Eisenrost und gieße Schwefelwasserstoffwasser darauf: die gelbe Bleiglätte (Bleioxyd) wird sogleich schwarz; es entsteht ein Austausch der Bestandtheile; *Schwefelwasserstoff und Metalloxyde.*




fest.
flüssig.

der Schwefelwasserstoff giebt seinen Schwefel an das Blei des Bleioxydes ab und empfängt dafür den Sauerstoff des letzteren. Es bildet sich sonach Schwefelblei und Wasser und der unangenehme Geruch verschwindet alsbald. In dem Gläschen mit dem geglühten Eisenroste ändert sich weder die Farbe noch der Geruch, ein Beweis, daß in ihm keine chemische Veränderung stattfindet.

Versuch c. Man wiederhole denselben Versuch, nur nehme man statt der Glätte ein ganz kleines Krümchen Bleizucker, statt des Rostes ein wenig Eisenvitriol (nebst einigen Tropfen Essig), welche zwei Salze zuvor jedes für sich in einer Kanne Wasser gelöst werden; der Erfolg ist *Schwefelwasserstoff und Metallsalze.*




fest.
flüssig.

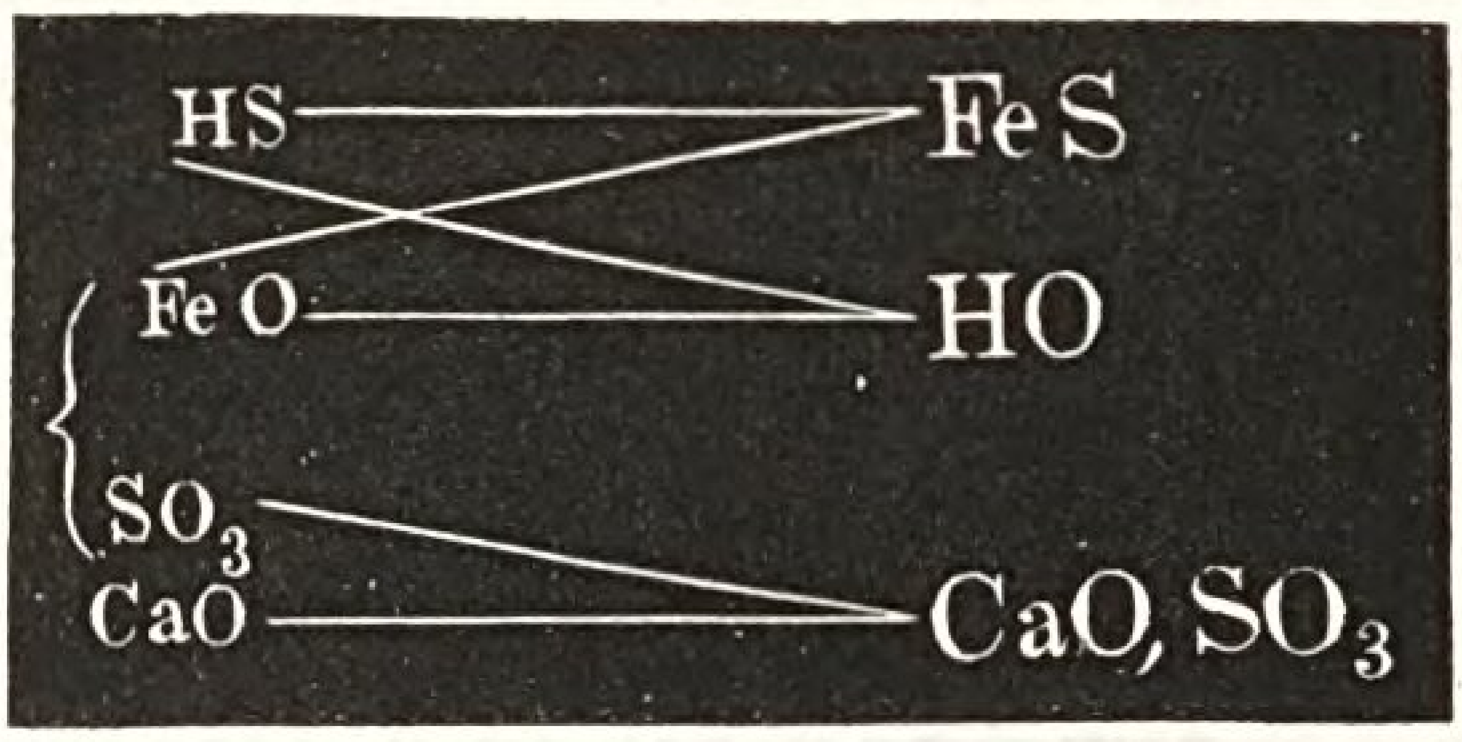
und Essigsäure. und Essigsäure.

derselbe wie bei dem vorigen Versuche. Bleizucker ist essigsaures Bleioxyd; das Bleioxyd wird auch bei dieser großen Vertheilung im Wasser in Schwefelblei verwandelt und fällt mit der Zeit als schwarzer Schlamm zu Boden. Bei sehr starker Verdünnung wird die Flüssigkeit nur braun gefärbt. Die Essigsäure wird frei und bleibt in der Flüssigkeit.

Versuch d. Zu der Eisenvitriollösung, die im vorigen Versuche nach Zusatz von Schwefelwasserstoff klar geblieben, setze man etwas Kalkwasser oder Soda: sie wird sogleich eine tiefschwarze Farbe annehmen. Die zugesetzte Basis bewirkt, was ohne dieselbe nicht geschah, eine Verbindung des Schwefels mit dem Eisen, und zwar aus dem Grunde, weil sie selbst an die Schwefelsäure des Eisenvitriols

*Schwefelwasserstoff und Metallsalze.*

tritt. Die Schwefelsäure hat eine so große Affinität zu dem Eisenoxydul, daß sie das letztere nur dann losläßt, wenn sie einen Ersatz dafür erhält; dieser Ersatz wird ihr durch den Kalk oder die Soda, die man sonach




unlöslich.
flüssig.
schwer löslich.

für stärkere Basen ansehen muß als das Eisenoxydul, geboten. Kalk ist Calciumoxyd und wird mit CaO bezeichnet.

Aus diesen Versuchen ergeben sich folgende Lehren:

a) Der Schwefel hat auch auf nassem Wege, d. h. in Flüssigkeiten gelöst, eine sehr große Verwandtschaft zu den Metallen, und verwandelt Metalle, Metalloxyde und Metallsalze in Schwefelmetalle.

*Schwefelwasserstoff als Reagens.*

b) Die meisten Schwefelmetalle sind ganz unlöslich in Wasser; man hat daher in dem Schwefelwasserstoff ein vortreffliches Mittel, um aufgelöste Metalle niederzuschlagen und nachher durch Filtration von der Flüssigkeit zu trennen. Leitet man Schwefelwasserstoff in kupferhaltigen Essig, so fällt Schwefelkupfer nieder, und der filtrirte Essig ist nun vom Kupfer befreit. Aber nicht alle Schwefelmetalle besitzen eine schwarze Farbe; Schwefelantimon sieht gelbroth, Schwefelarsenik gelb, Schwefelzink weiß aus. Hierauf gründet sich die Anwendung des Schwefelwasserstoffs als Reagens, d. h. als Erkennungsmittel vieler Metalle. Bleihaltiger Wein wird auf Zusatz von Schwefelwasserstoffwasser schwarz oder mindestens braun; wegen dieser Anwendung nannte man das letztere sonst Hahnemann'sche Weinprobe.

*Schwefelwasserstoff als Scheidungsmittel.*

c) Manche Metalle werden aus ihren Auflösungen auf Zusatz von Schwefelwasserstoffwasser ohne Weiteres als Schwefelmetalle niedergeschlagen, z. B. Kupfer, Silber, Gold, Blei, Quecksilber, Zinn, Antimon, Arsenik (man nennt diese elektronegativ); andere erst dann, wenn man eine stärkere Basis hinzufügt, z. B. Eisen, Zink, Mangan, Kobalt, Nickel (diese heißen elektropositiv). Das Schwe-

felwasserstoffgas kann demnach auch dazu benutzt werden, um ein Metall von dem anderen zu trennen; es ist hierdurch zu einem der wichtigsten Scheidungsmittel für die analytische Chemie geworden.

Zusammensetzung des Schwefelwasserstoffes.

134. Schwefelwasserstoff hat, wie schon erwähnt, die Formel = HS, wodurch angedeutet werden soll, daß es aus 1 Atom Wasserstoff und 1 Atom Schwefel zusammengesetzt ist. Man wird leicht finden, wie diese Formel der des Wassers (HO) überaus ähnlich ist. Zur Entdeckung von Schwefelwasserstoff wendet man mit schwacher Bleizuckerlösung getränktes Papier an, welches dadurch braun oder schwarz gefärbt wird.

Bleipapier.

Schwefelwasserstoff, erzeugt durch Fäulniß.

135. Es ist bekannt, daß sich da, wo thierische Stoffe, z. B. Fleisch, Blut, Excremente 2c. faulen, ein Geruch nach faulen Eiern entwickelt; dieser rührt gleichfalls von Schwefelwasserstoffgas her, das sich aus dem in den meisten Thierstoffen enthaltenen Schwefel und aus dem Wasserstoff des Wassers bildet. In solcher Luft laufen Kupfer und andere metallene Gegenstände an, indem sich auf ihrer Oberfläche eine Schicht von Schwefelmetall erzeugt. Auch in den Pflanzen findet sich Schwefel vor, in reichlicher Menge insbesondere in den Samen, z. B. den Erbsen, Bohnen 2c., und in einigen sehr scharf schmeckenden Gewächsen, z. B. im Senf und Meerrettig. Läßt man diese faulen, so entwickelt sich aus ihnen Schwefelwasserstoffgas.

Schwefelwasserstoff in Quellen

136. Endlich ist noch anzuführen, daß dieses Gas auch zuweilen in Quellwässern vorkommt, was leicht durch Geruch und Geschmack zu entdecken ist. Manche dieser Quellen, z. B. die berühmte heiße Quelle zu Aachen, werden unter dem Namen Schwefelwässer als Heilmittel benutzt. Eine faulende Holzröhre kann oft ein sonst gutes Trinkwasser durch Zersetzung des in letzterem enthaltenen Gypses zu einem stinkenden Schwefelwasser machen; entfernt man die faule Röhre, so wird das Wasser wieder geruchlos und trinkbar.

Schwefelkohlenstoff.

137. Schwefelkohlenstoff oder Schwefelalkohol ($CS_2$) ist eine wasserhelle, sehr widrig riechende und sehr flüchtige Flüssigkeit, die sich erzeugt, wenn Schwefeldämpfe mit glühenden Kohlen in Berührung kommen. Sie löst Schwefel und Phosphor mit Leichtigkeit

Schwefelkohlenstoff. auf und wird deshalb zur Analyse des Schießpulvers, außerdem auch in der Heilkunde als Einreibungsmittel benutzt. In den Standgefäßen bedeckt man sie gewöhnlich mit einer Schicht Wasser, welches auf ihr schwimmt und sich nicht mit ihr vermischt, um sie am Verfliegen zu hindern.

## Selen (Se)

— 1817 von Berzelius entdeckt —

ist ein Element, welches große Aehnlichkeit mit dem Schwefel hat. Es kommt sehr selten vor und ist unter Anderem in dem rothen Schlamme enthalten, der sich aus mancher Schwefelsäure, insbesondere nach deren Verdünnung mit Wasser absetzt.

## Phosphor (P).

(At.-Gew. = 387. — Specif. Gew. = 1,84.)

— 1669 von Brandt und Kunkel im Urin, 1769 von Gahn und Scheele in den Knochen entdeckt. —

Vorsicht bei Versuchen mit Phosphor. 138. Bei den Versuchen mit Phosphor ist allen Ernstes darauf zu achten, daß er sich nicht zur Unzeit entzünde, da er mit der größten Heftigkeit fortbrennt und gefährliche Brandwunden veranlassen kann. Er ist im Stande, besonders zur Sommerzeit, sich schon beim ruhigen Daliegen auf Löschpapier oder durch die Wärme der Finger zu entzünden; man muß ihn daher unter Wasser aufbewahren und zerschneiden. Wird er aus dem Wasser herausgenommen, so hält man ihn mit einer kleinen Zange, oder spießt ihn an die Spitze eines Federmessers; auch ist es der Vorsicht gemäß, zu den Versuchen nur kleine Quantitäten Phosphor auf einmal anzuwenden und ein Wassergefäß parat zu halten, um ihn, wenn er Feuer fangen sollte, in dasselbe eintauchen zu können.

Eigenschaften des Phosphors. 139. Der Phosphor ist in seinen Eigenschaften dem Schwefel sehr nahe verwandt, nur besitzt er eine ungleich hitzigere Gemüthsart. Man könnte den Schwefel für einen phlegmatischen Bruder des Phosphors ansehen. Phosphor schmilzt, kocht, verdampft und verbrennt wie der Schwefel, nur ungleich leichter und schneller; im Winter ist er

spröde, im Sommer biegsam wie Wachs. Im reinen und frischen Zustande ist er farblos, bei längerer Aufbewahrung aber wird er gelblich und überzieht sich mit einer etwas Wasser enthaltenden weißen Rinde. Der Phosphor ist ferner in Wasser unlöslich, aber löslich in Aether, Schwefelalkohol und Oelen. Eingenommen ist der Phosphor ein überaus heftiges Gift; man benutzt ihn deshalb häufig zur Vertilgung der Ratten und Mäuse. Die sogenannte Rattenlatwerge (Phosphorteig) wird aus 1 Quentchen Phosphor, 9 Loth kochendheißem Wasser und 8 Loth Roggenmehl zusammengemischt.

Allotropie des Phosphors.

Rother Phosphor. Wird farbloser Phosphor längere Zeit dem Lichte oder einer Hitze von 25° C. ausgesetzt, so erfährt er eine bemerkenswerthe Veränderung, indem er in einen allotropischen Zustand übergeht. Er nimmt dann eine röthlichschwarze, als Pulver eine scharlachrothe, zinnoberähnliche Farbe an und hat nun seine leichte Entzündlichkeit und Löslichkeit, wie seine Leuchtkraft verloren, kann aber durch noch stärkeres Erhitzen vollkommen wieder in gewöhnlichen Phosphor übergeführt werden.

140. Versuche mit Phosphor.

Phosphor und Aether.

Versuch a. In ein kleines Gläschen bringe man zuerst ½ Loth Aether, dann ein linsengroßes Stück Phosphor, verstopfe das Gefäß und lasse es unter öfterem Umschütteln einige Tage stehen. Die Flüssigkeit wird abgegossen; sie enthält ungefähr 1 Gran Phosphor aufgelöst und dient zu folgenden Versuchen:

Leuchten des Phosphors.

Versuch b. Einige Tropfen werden davon auf die Hand gegossen und schnell auf ihr verrieben: in einigen Augenblicken ist der Aether verdunstet, der Phosphor aber bleibt in der feinsten Vertheilung auf der Hand zurück. Je feiner derselbe vertheilt ist, um desto leichter verbindet er sich mit dem Sauerstoff der Luft; während dieser Verbindung verbreitet er einen weißen Rauch und ein starkes Licht (er phosphorescirt), daher leuchten die Hände an einem dunklen Orte. Von dieser Eigenschaft ist der Name Phosphor herzuleiten: phos — heißt Licht, phor — Träger. Durch Reiben der Hände wird dieses Leuchten stärker, weil der Phosphor dadurch immer wieder eine frische

Langsame Verbrennung des Phosphors.

Oberfläche erhält, die begierig von Neuem Sauerstoff anzieht. Die Wärme, die dabei entwickelt wird, ist zu unbedeutend, um eine Entzündung zu veranlassen. Man nennt diese bei niedriger Temperatur stattfindende Oxydation eine langsame Verbrennung. Während des Leuchtens riechen die Hände nach Knoblauch und erlangen zugleich einen sauren Geschmack, weil die gebildete Sauerstoffverbindung des Phosphors eine Säure ist; sie heißt phosphorige Säure und besteht aus 1 At. Phosphor und 3 At. Sauerstoff. Will man dieselbe in größerer Quantität darstellen, so legt man ein Stückchen Phosphor in ein Glas und läßt dieses im Keller so lange stehen, bis der Phosphor sich in eine farblose, saure Flüssigkeit verwandelt hat. Hiebei nimmt jedoch auch ein Theil der erzeugten phosphorigen Säure noch mehr Sauerstoff auf und wird zu Phosphorsäure; die gewonnene saure Flüssigkeit ist demnach ein Gemenge von diesen beiden Säuren.

Lebhafte Verbrennung des Phosphors.

Versuch c. Man befeuchte ein Stück Zucker mit der Phosphorlösung und werfe es in kochendheißes Wasser: durch die Wärme des letzteren wird der Aether sammt dem gelösten Phosphor luftförmig; beide steigen auf die Oberfläche des Wassers und entzünden sich gewöhnlich daselbst, indem sie sich mit dem Sauerstoff der Luft verbinden. Die Verbrennung erfolgt hier rasch und vollständig, und dabei nimmt der Phosphor eine größere Menge Sauerstoff auf, nämlich 5 At. Sauerstoff auf 1 At. Phosphor; es bildet sich Phosphorsäure, die überall entsteht, wo Phosphor vollständig, d. h. mit Flamme verbrennt, wie dies schon gezeigt worden ist.

Versuch d. Man gieße etwas von der Phosphor-Aetherlösung auf feines Druckpapier: das letztere erglimmt oder entzündet sich von selbst, nachdem der Aether sich verflüchtigt hat. Je feiner der Phosphor zertheilt ist, um desto leichter fängt er an zu brennen.

Selbstentzündung des Phosphors

Versuch e. Ein linsengroßes Stück Phosphor wird auf Fließpapier gelegt und mit Ruß oder Kohlenpulver bestreut: es schmilzt nach einiger Zeit und entflammt sich von selbst. Die fein zertheilte Kohle bewirkt die Entzündung, weil sie in Folge ihrer Porosität begierig Sauerstoff einsaugt und an den Phosphor abgiebt,

und als schlechter Wärmeleiter zugleich die Abkühlung desselben verhindert.

141. Auch durch Reibung wird Phosphor leicht entzündet, und darauf gründet sich die in neuerer Zeit so allgemein gewordene Benutzung dieses Körpers zu Reibzündhölzchen. Die Zündmasse bereitet man aus heißem (70° C.) Gummischleim, wozu man kleine Stückchen Phosphor bringt, die man durch stetes Reiben bis zum Erkalten genau in dem Schleime vertheilt. Da aber die nach dem Trocknen harte Masse keine Luft zu dem in ihr eingeschlossenen Phosphor hinzuläßt, so muß dafür gesorgt werden, daß der letztere im Innern einen sauerstoffreichen Körper vorfinde, dem er den zum Anzünden nothwendigen Sauerstoff wegnehmen kann. Man setzt daher Braunstein, Salpeter oder Mennige hinzu. 1¾ Thl. Phosphor, 4 Thl. Gummi arabicum, 4 Thl. Wasser, 2 Thl. Salpeter und 2 Thl. Mennige geben eine gute Zündmasse. Zum Anzünden der Streichhölzchen durch Erwärmung war nach 113. eine Temperatur von 65—70° C. erforderlich, diese wird hier durch gleitende Reibung erzeugt. Dabei zerplatzt und verbrennt die Gummirinde, und das Fortbrennen kann nun durch den Sauerstoff der Luft erfolgen. Die neuerdings in den Handel gebrachten Anti-Phosphor-Zündhölzer werden mittelst einer ähnlichen Zündmasse aus chlorsaurem Kali, wie die früher üblichen sogenannten Tunkhölzchen, angefertigt (208. d.); sie entzünden sich durch Reibung allein nicht, wohl aber, wenn die Reibung auf einer mit rothem Phosphor bestrichenen Fläche stattfindet.

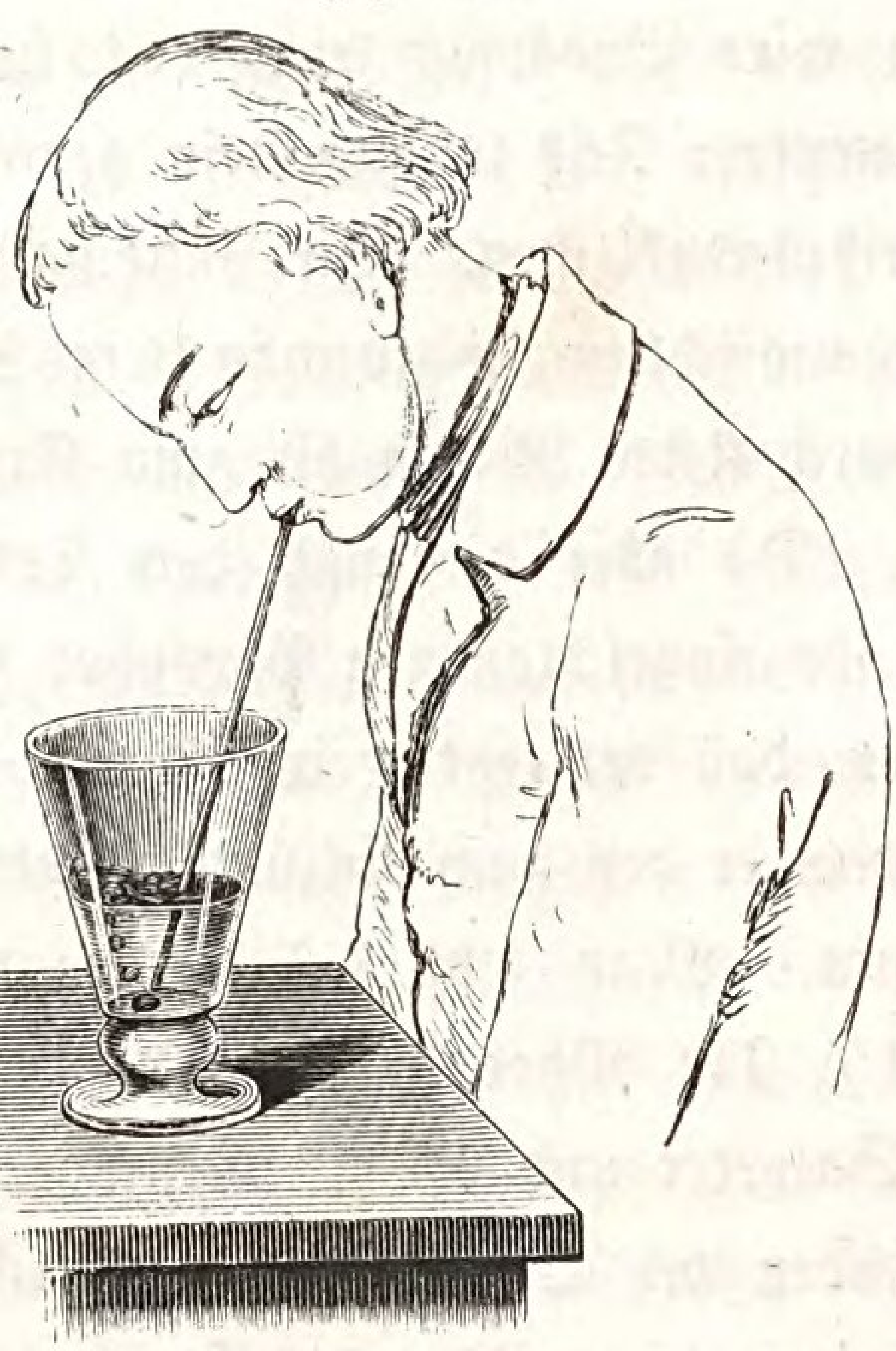
Entzündung des Phosphors durch Reibung.

142. Versuch. Ein erbsengroßes Stück Phosphor wird in einem Glase mit so viel heißem Wasser übergossen, daß das Glas nur halb voll wird: der Phosphor schmilzt, kann aber nicht anbrennen, weil das Wasser über ihm den Zutritt der Luft verhindert. Bläst man jedoch vorsichtig, damit kein Ueberspruden stattfinde, mit dem Munde Luft durch eine lange Glasröhre auf den Boden des Gefäßes, so entsteht daselbst eine Verbrennung, die man im Dunkeln besonders deutlich wahrnimmt. Hiebei bildet sich, weil nur wenig Sauerstoff auf einmal zum Phosphor gelangt, eine noch nie-

Phosphor brennt unter Wasser.

drigere Verbindung des Phosphors mit dem Sauerstoff, welche als ein gelbrothes Pulver in der Flüssigkeit schwimmt. Man nannte diese Verbindung bisher Phosphoroxyd, jedenfalls ist aber auch rother allotropischer Phosphor (139.) in ihr zugegen.

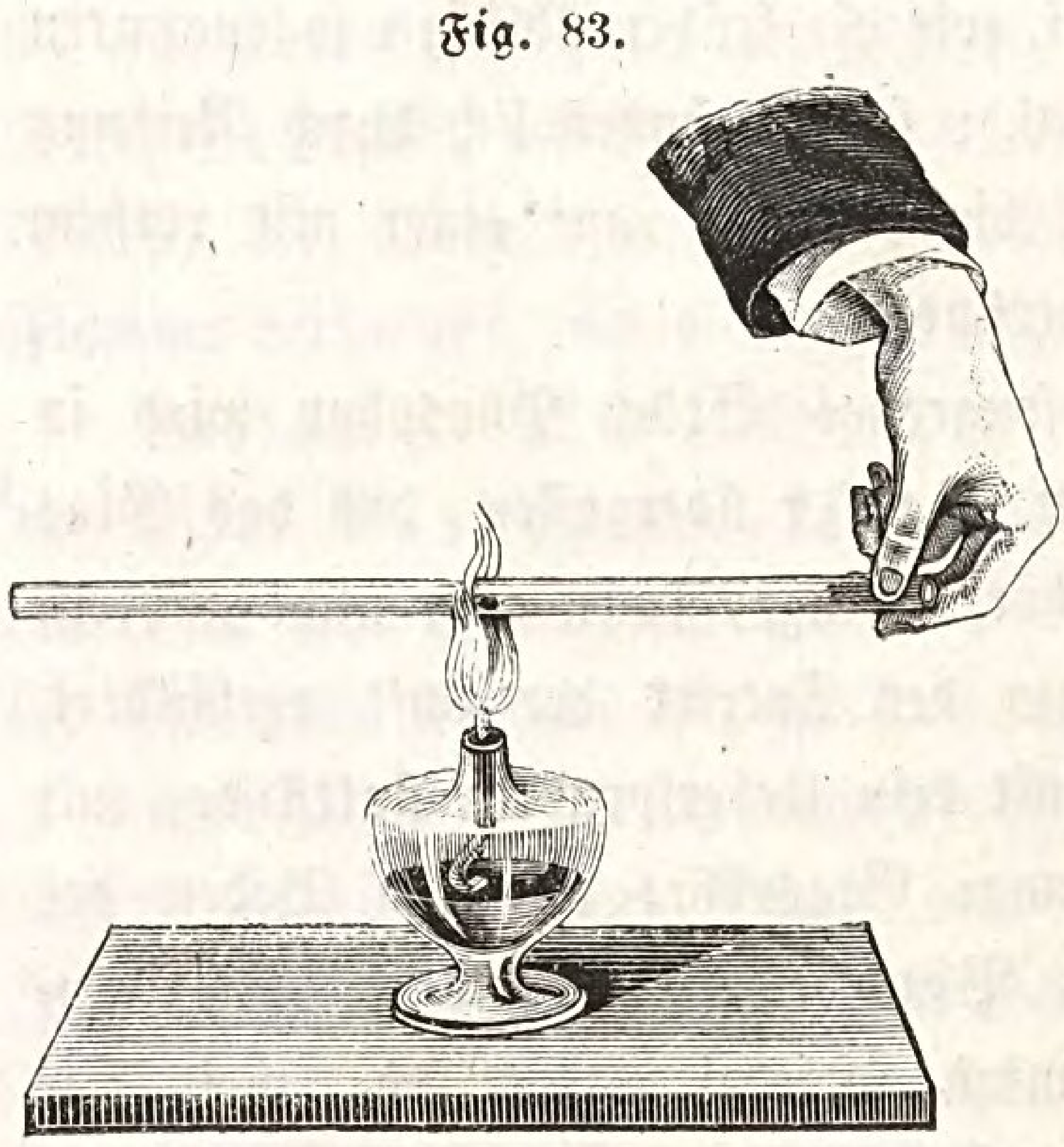
Fig. 82.



Brennen des Phosphors in einer Röhre.

143. **Versuch.** Dieselbe gelbrothe Verbindung erhält man, wenn man ein linsengroßes Stückchen Phosphor in der Mitte einer etwa 12 Zoll langen, an beiden Seiten offenen Glasröhre gelind bis zur Entzündung erhitzt. Ist dies geschehen, so wird die Lampe entfernt. So lange die Röhre horizontal gehalten wird, ist die Verbrennung schwach und unvollständig, weil der schwere Rauch, der aus Phosphorsäure und phosphoriger Säure besteht, nur langsam abziehen und daher nur wenig frische Luft hinzutreten kann. An dem oberen Theile der Röhre setzt sich eine rothe Phosphormasse in Menge ab. Die Verbrennung wird aber sogleich lebhafter, wenn man die Röhre neigt; sie erfolgt am vollständigsten, wenn die letztere senkrecht gehalten wird, weil dann der Luftzug am stärksten ist. Man hat es bei diesem Versuche ganz in seiner Gewalt, den Phos-

Fig. 83.



phor nach Belieben langsam zu phosphoriger Säure, unvollständig zu Phosphoroxyd (?), oder vollständig zu Phosphorsäure zu oxydiren oder zu verbrennen. Dieser Versuch ist auch zur Verdeutlichung des in Oefen und Schornsteinen stattfindenden Luftzuges (111.) sehr geeignet.

144. Der Phosphor wurde sonst aus Urin gewonnen, jetzt stellt man ihn allgemein aus Knochen dar. Die Knochen bestehen der Hauptsache nach aus Leim (Knorpel), Kalk und Phosphorsäure ($PO_5$). Darstellung des Phosphors.

Leim wird entfernt durch Glühen der Knochen (er verbrennt).

Kalk wird entfernt durch Schwefelsäure (es entsteht schwefelsaurer Kalk).

Phosphorsäure. {
- Sauerstoff ($O_5$) wird entfernt durch Glühen mit Kohle (es entsteht Kohlenoxydgas).
- Phosphor (P) bleibt übrig.

Da der Phosphor flüchtig ist und leicht brennt, so wird das Glühen der Phosphorsäure mit Kohle in einem verschlossenen Gefäße, gewöhnlich in einer irdenen Retorte, vorgenommen, deren Hals in ein Wassergefäß taucht, in dem sich die Phosphordämpfe verdichten. Es ist also eine Destillation. Das sich mitentwickelnde Kohlenoxydgas entweicht, nebst etwas Phosphorwasserstoffgas und Kohlenwasserstoffgas, durch das Wasser.

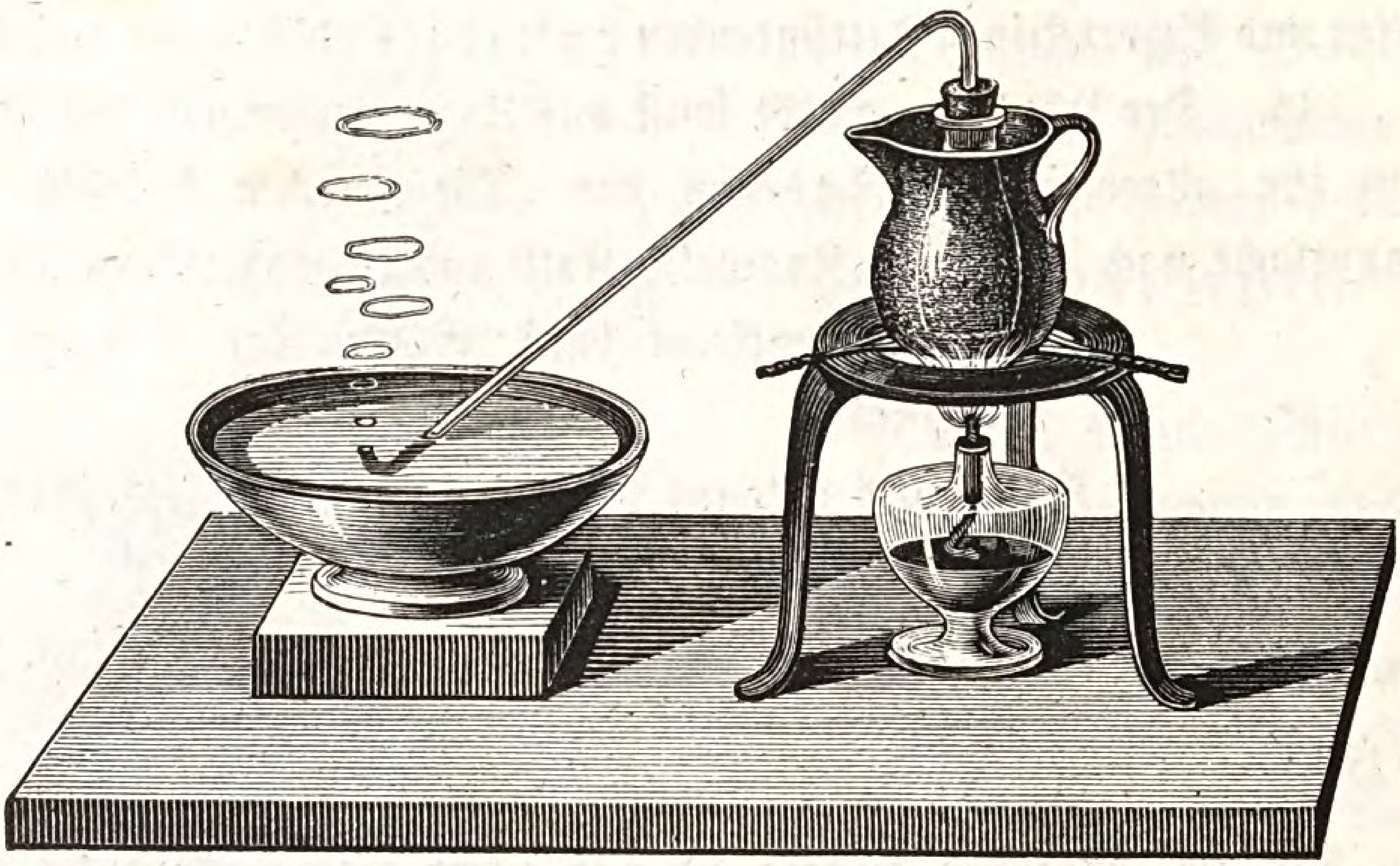
Die Kohle hat die Fähigkeit, fast allen Säuren und Basen, wie hier der Phosphorsäure, in der Glühhitze den Sauerstoff wegzunehmen, oder, wie man sagt, sie zu desoxydiren oder reduciren; dabei entsteht aus dem Kohlenstoff und Sauerstoff Kohlenoxydgas (CO), welches entweicht. Wir gewinnen fast alle unsere Metalle aus den in der Erde vorkommenden Metalloxyden oder Erzen durch Erhitzen derselben mit Kohle. Desoxydiren durch Kohle.

## Phosphorwasserstoff ($H_3P$).

145. **Versuch.** In ein kleines Kochfläschchen oder auch ein Unzenglas von Nönnchenform bringe man ½ Loth gelöschten Kalk und ein erbsengroßes Stück Phosphor, fülle das Gläschen bis an Phosphor und Wasserstoff.

Phosphor und Wasserstoff. den Hals voll Wasser und stelle es in ein kleines Töpfchen, in dem sich starkes Salzwasser befindet. Dieses wird aus 1 Loth Kochsalz

Fig. 84.



und 3 Loth Wasser bereitet. Nachdem man die Oeffnung des Gläschens mit einer gebogenen Glasröhre, die mit ihrem anderen Ende in ein Wassergefäß taucht, verbunden hat, erhitzt man das Salzwasser (149.) bis zum Kochen: es wird sich eine Gasart entwickeln, die sich, so wie sie aus dem Wasser in die Luft tritt, von selbst entzündet. Dieses Gas heißt Phosphorwasserstoffgas und besteht aus mehren Verbindungen von Phosphor und Wasserstoff, der Hauptsache nach aus $H_3 P$. Fängt man dasselbe in einem mit Wasser gefüllten kleinen Gläschen auf die bekannte Weise auf, so entzündet es sich erst dann, wenn man das Gefäß an der Luft öffnet. Beim Brennen desselben verbinden sich sowohl Phosphor als Wasserstoff mit dem Sauerstoff der Luft, und es entsteht Phosphorsäure ($PO_5$) und Wasser ($3 HO$). Die erstere bildet einen weißen Rauch, welcher, wenn das Gas in einzelnen Blasen aus dem Wasser aufsteigt, eine ringförmige Gestalt hat. Unverbrannt riecht das Gas knoblauchartig.

Prädisponirende Verwandtschaft. 146. Bei der Bereitung von Schwefelwasserstoff (132.) nahm das Eisen dem Wasser seinen Sauerstoff und der Schwefel verband sich nun mit dem freigewordenen Wasserstoff. Was diese beiden Stoffe

zusammen vermochten, das vermag der Phosphor allein: er entzieht dem Wasser sowohl Sauerstoff als Wasserstoff, er theilt sich in die Bestandtheile des Wassers. Aus Phosphor und Sauerstoff entstehen zwei Säuren (Phosphor- und unterphosphorige Säure), die zurückbleiben; aus Phosphor und Wasserstoff aber bildet sich eine flüchtige, gasförmige Verbindung, welche entweicht. Der Phosphor vermag diese Wirkung jedoch nur dann auszuüben, wenn eine starke Basis, wie hier der Kalk, zugegen ist, mit der sich die aus Phosphor und Sauerstoff entstehenden Säuren verbinden können. Der Kalk ist der Bundesgenosse des Phosphors, er hilft nicht direct bei der Wasserzersetzung, sondern er feuert den Phosphor nur zu größerer Kraft und Thätigkeit an. Er möchte sich selbst gern mit Säuren verbinden, es sind deren jedoch keine vorhanden; wohl aber können solche entstehen, wenn der Phosphor dem Wasser seinen Sauerstoff entreißt. Dies geschieht, und man kann sagen: der Kalk treibt den Phosphor an, er disponirt ihn, zur Wasserzersetzung, damit er selbst sein Gelüste nach einer Verbindung mit Säuren befriedigen könne. Hieraus wird der Name erklärlich werden, den diese Art von Verwandtschaft erhalten hat; man nennt sie nämlich eine prädisponirende oder antreibende. Durch das Wort prae, vorher, soll angedeutet werden, daß es eine Verwandtschaft, ein Verlangen ist nach einem Körper, der noch nicht existirt, der aber aus den vorhandenen Elementen gebildet werden kann, und auch, eben in Folge dieses Verlangens, wirklich gebildet wird. Prädisponirende Verwandtschaft.

147. Betrachtet man jetzt den Vorgang bei der Bereitung des Wasserstoffs (83.) und Schwefelwasserstoffs (132.), so wird man nicht im Zweifel sein können, daß auch in diesen zwei Fällen eine prädisponirende Verwandtschaft thätig ist Der antreibende Körper ist dort aber eine Säure, die starke Schwefelsäure. Diese hat ein großes Verlangen nach einer Basis und drängt das Eisen, sich in eine solche umzuwandeln, was leicht geschehen kann, wenn das letztere sich mit dem Sauerstoff des Wassers verbindet. Dadurch wird der andere Bestandtheil des Wassers frei und entweicht in luftförmiger Gestalt im ersten Falle allein, im zweiten in Gemeinschaft mit dem Schwefel,

den das Eisen in dem Augenblicke losläßt, wo es sich mit dem ihm mehr zusagenden Sauerstoff verbindet.

Gesetz bei chemischen Verbindungen.

148. Es nimmt vielleicht Wunder, warum die Schwefelsäure sich nicht unmittelbar mit dem metallischen Eisen oder der Kalk mit dem Phosphor verbindet; dies geschieht deshalb nicht, weil Eisen und Phosphor einfache, Schwefelsäure und Kalk aber zusammengesetzte Körper sind, und einem schon einmal erwähnten Naturgesetze gemäß, einfache Stoffe sich in der Regel nur mit einfachen, zusammengesetzte aber nur mit zusammengesetzten verbinden können. Die zusammengesetzte Schwefelsäure ist daher nicht im Stande, sich mit dem einfachen Eisen zu vereinigen, wohl aber mit dem zusammengesetzten Eisenoxydul. Ebenso wenig kann der zusammengesetzte Kalk mit dem einfachen Phosphor in Verbindung treten; dies geschieht aber sogleich, wenn der Phosphor durch Anziehung von Sauerstoff ebenfalls zu einem zusammengesetzten Körper geworden ist.

Wasserbad.

149. Das Einsetzen des Gläschens bei dem eben beschriebenen Versuche in Salzwasser hat zum Zweck, das Anbrennen des Phosphors, beim etwaigen Springen des Gläschens zu verhindern. Salzwasser von der angegebenen Stärke kocht erst bei 109°, es entsteht also durch dasselbe ein lebhafteres Kochen in dem Gläschen, als wenn man das letztere in bloßem Wasser, welches nur 100° heiß werden kann, erhitzt. Man nennt einen Apparat, in dem man Körper durch heißes Wasser oder heiße Salzlösungen erhitzt, ein Wasser- oder Marienbad. Auf ähnliche Weise werden Extracte abgedampft und Stoffe getrocknet, die bei stärkerer Hitze leicht anbrennen oder sonst verändert werden.

---

Phosphor und Schwefel zeichnen sich besonders durch ihre große Brennbarkeit aus; man kann sie aus diesem Grunde Pyrogene oder Feuererzeuger nennen.

---

## Rückblick auf die Pyrogene (Schwefel und Phosphor).

1) Einfache Körper verbinden sich in der Regel nur mit einfachen, zusammengesetzte nur mit zusammengesetzten.

2) Sollen ein Paar Körper chemisch auf einander wirken, so muß gewöhnlich einer von ihnen tropfbar oder gasförmig sein.

3) Wenn Körper plötzlich fest werden, die vorher in einer Flüssigkeit aufgelöst oder als Dampf mit Luft vermengt waren, so erhält man sie als einen zarten, feinen Staub (Schwefelmilch und Schwefelblumen).

4) Alle feinzertheilten und porösen Körper saugen begierig Gasarten ein und verdichten sie in sich; bei manchen geschieht dies mit solcher Kraft, daß die Gase sich innerhalb der Poren chemisch mit einander verbinden (Platinschwamm, Holzkohle, Ruß).

5) Eine unvollständige Verbrennung oder Oxydation findet Statt, wenn nicht genug Luft (Sauerstoff) vorhanden ist; eine langsame Verbrennung, wenn ein Körper sich bei gewöhnlicher Temperatur mit Sauerstoff verbindet; eine vollständige und rasche Verbrennung aber, wenn die Verbindung in höherer Temperatur und bei reichlich vorhandener Luft vor sich geht. In den beiden ersten Fällen entstehen niedrigere Oxydationsstufen, in dem letzteren höhere.

6) In der Chemie gilt das Recht des Stärkeren; ein starker chemischer Körper kann einen schwächeren aus seiner Verbindung mit einem anderen austreiben und sich an die Stelle des letzteren setzen. Dies nennt man Zersetzung durch einfache Wahlverwandtschaft.

7) Zersetzung durch doppelte Wahlverwandtschaft tritt ein, wenn zwei Verbindungen ihre Bestandtheile gegenseitig austauschen.

8) Wird eine einfache oder doppelte Wahlverwandtschaft erst durch

Hülfe eines dritten Körpers, gewöhnlich durch eine starke Säure oder eine starke Basis rege gemacht, so nennt man dies eine Zersetzung durch prädisponirende Verwandtschaft.

9) Desoxydiren, der Gegensatz von Oxydiren, heißt: den Sauerstoff aus einer Verbindung hinwegnehmen.

10) Um einen chemischen Stoff zu erkennen und von anderen zu trennen, versetzt man die Lösung desselben mit Reagentien, d. h. mit solchen Stoffen, die damit eine unlösliche Verbindung bilden (Niederschlag), oder die Farbe, den Geruch ꝛc. desselben verändern; Veränderungen solcher Art heißen Reactionserscheinungen.

11) Nur an löslichen Körpern bemerkt man Geschmack, nur an flüchtigen Geruch.

## Dritte Gruppe der Nichtmetalle: Halogene.

### Chlor, Chlorine (Cl)

(At.-Gew. = 444. — Specif. Gew. = 2,44.)

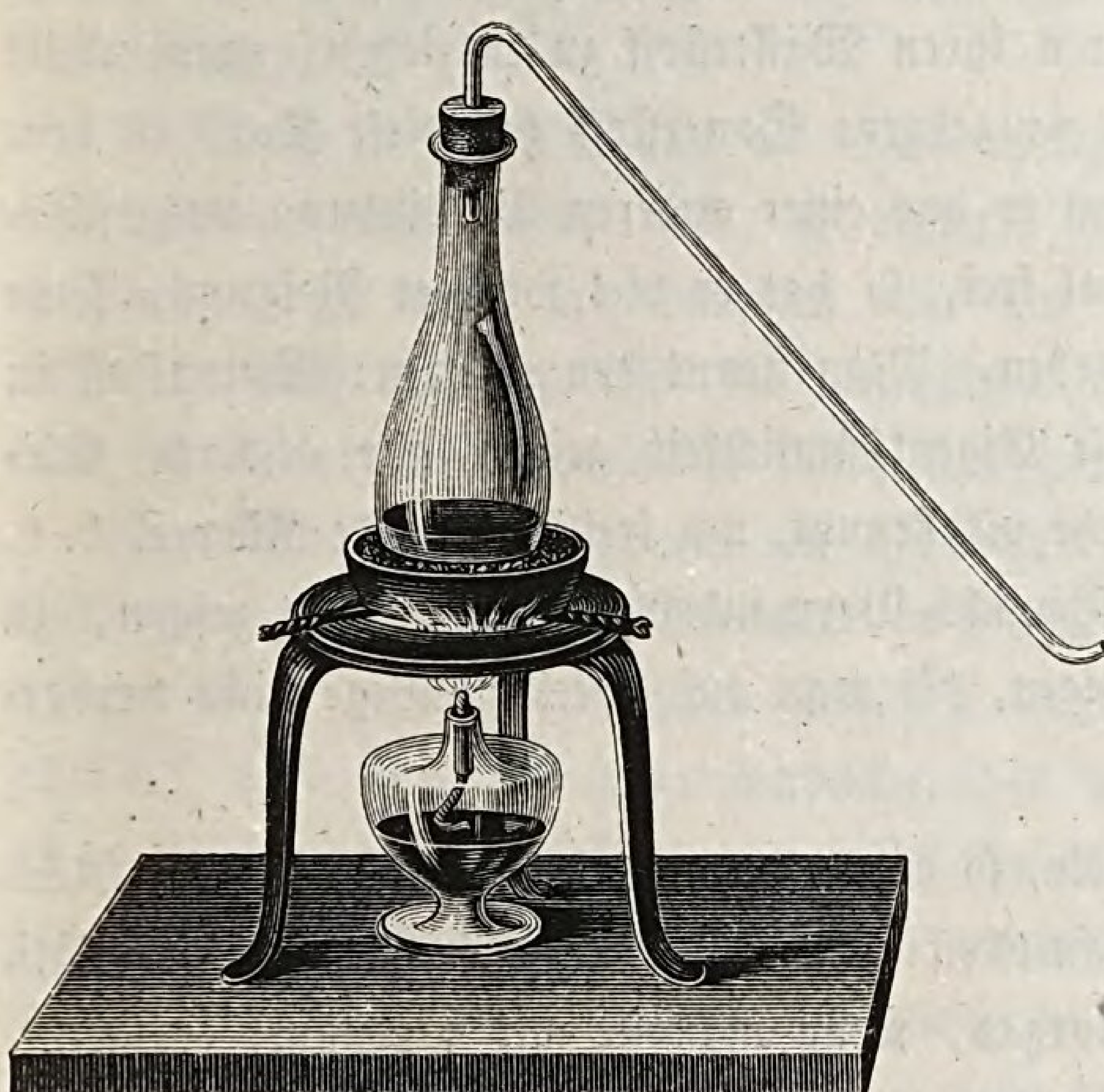
— 1774 von Scheele entdeckt und »dephlogistisirte Salzsäure« benannt; 1810 von Davy für ein Element erklärt. —

Bereitung von Chlor. 150 Versuch. ½ Loth fein geriebener Braunstein wird mit 3 Loth Salzsäure übergossen und in einem mit einer gebogenen Glasröhre verbundenen Kochfläschchen (Fig. 85) langsam erhitzt: es entweicht ein gelbgrünes Gas, das auf die bekannte Weise aufgefangen wird. Dieses Gas heißt Chlor, weil es eine grünliche Farbe hat (das griechische Wort chloros bedeutet gelbgrün). Man füllt mehre weiße Sechs-Unzengläser damit an und verstöpselt sie. Außerdem läßt man ein Glas nur zu ⅔ sich mit Gas füllen und schüttelt es mit dem zurückgebliebenen ⅓ Wasser: das Glas bleibt an dem die Oeffnung verschließenden Finger hängen, ein Beweis, daß innen ein luftverdünnter Raum entstanden ist, den die äußere Luft auszufüllen strebt. Entfernt man den Finger, so strömt die letztere mit Heftigkeit ein. Dieser leere Raum entstand, weil das Chlorgas sich im Wasser auf-

löste, wie man dies auch aus dem Verschwinden der gelben Farbe in dem oberen Theile des Gläschens schließen kann. 1 Maaß Wasser kann 2 Maaß Chlor auflösen; die Auflösung heißt **Chlorwasser**.

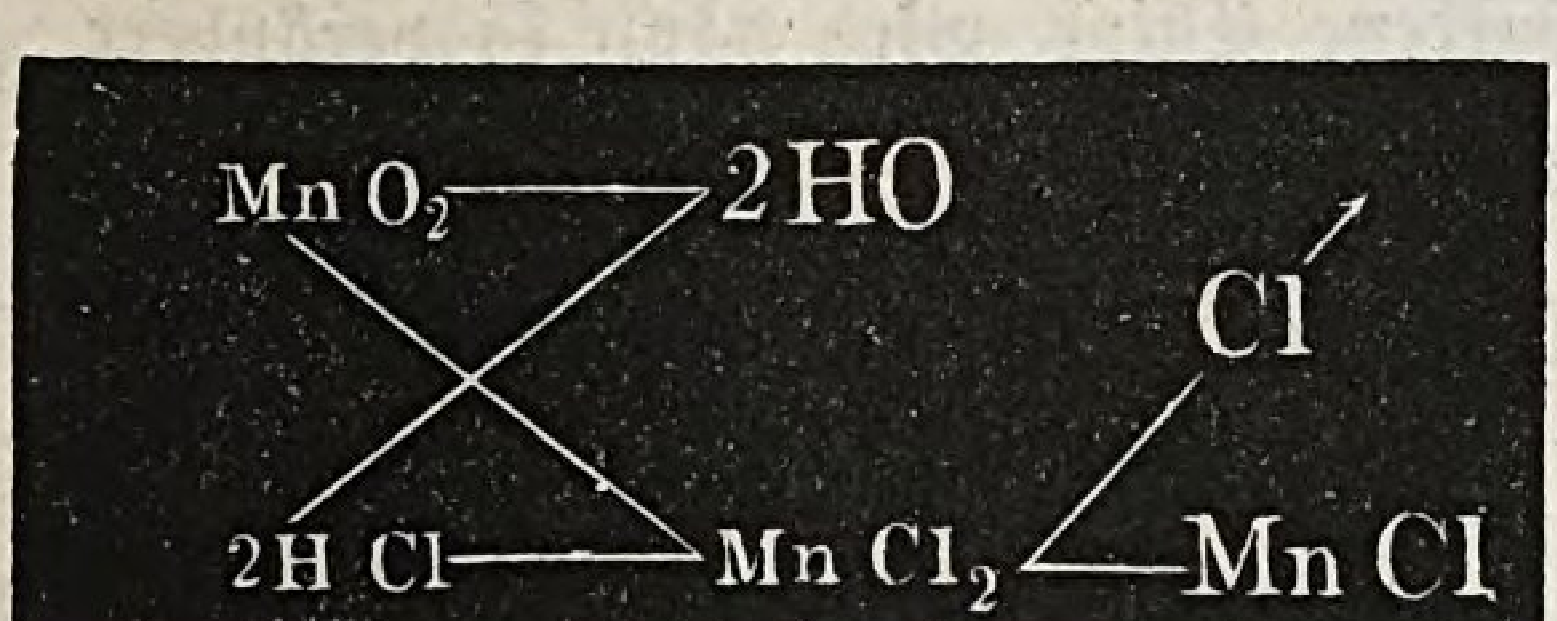
*Chlor und Wasser.*

Fig. 85.



*Vorgang bei der Bereitung von Chlor.*

Die Salzsäure, die man sich allgemein aus dem Kochsalze darstellt, ist eine Verbindung von Chlor und Wasserstoff und gehört zu der Reihe der Wasserstoffsäuren; nimmt man ihr den Wasserstoff weg so muß das Chlor frei werden. Dies geschieht auf folgende Weise. Wenn Salzsäure mit Braunstein (Mangansuperoxyd, $MnO_2$) zusammengebracht wird, so entzieht der Sauerstoff des Braunsteins der Salzsäure ihren Wasserstoff und es entsteht **Wasser**, zugleich aber auch aus dem in Freiheit gesetzten Mangan und Chlor **Mangansuperchlorür** ($MnCl_2$). Das Mangansuperchlorür verliert aber, schon durch ganz gelindes Erwärmen die Hälfte seines Chlors, ähnlich, nur weit leichter, wie aus dem Mangansuperoxyd (Braunstein) beim Glühen ein Theil des Sauerstoffs entweicht Aus Mangansuperchlorür entsteht demnach Manganchlorür ($MnCl$) und freies Chlor, welches letztere als gelbes Gas entweicht.




flüchtig.

nicht flüchtig.

Status nascens. Treibt man den Sauerstoff vorher durch Glühen aus dem Braunstein aus und leitet ihn sodann in Salzsäure, so hat er die Kraft nicht mehr, der letzteren ihren Wasserstoff zu entziehen; man erhält kein Chlor. Nur der neugeborne Sauerstoff hat diese Kraft in dem Augenblicke, in welchem er aus einer anderen Verbindung ausgeschieden wird; ist er einmal frei, so hat er viel weniger Neigung, seine Freiheit wieder aufzugeben. Man nennt den ersteren: Sauerstoff in statu nascenti. Diese Eigenthümlichkeit zeigen alle anderen Elemente, und sie wird sehr oft benutzt, um freiheitliebende Körper, d. h. solche, die nur eine schwache Verwandtschaft zu anderen zeigen, zu Verbindungen zu nöthigen, die man auf directem Wege nicht hervorbringen kann.

Wie aus Braunstein, so erhält man auch aus allen anderen Körpern, welche leicht Sauerstoff abgeben, z. B. aus chromsaurem Kali, Mennige u. s. w., Chlorgas, wenn man sie mit Salzsäure erwärmt.

Chlor aus Kochsalz. 151. Die Salzsäure erhält ihr Chlor aus dem Kochsalze, welches zur reichlichen Hälfte aus Chlor besteht. Man kann dieses Gas daher auch aus Kochsalz darstellen, wenn man $1\frac{1}{2}$ Loth davon mit 1 Loth Braunstein, 4 Loth Schwefelsäure und 2 Loth Wasser mengt und erwärmt; die Schwefelsäure entwickelt aus dem Kochsalze Salzsäure, und diese wird auf die schon angegebene Weise durch den Braunstein zerlegt.

Chlor ist giftig. Das Chlor wirkt **giftig**, wenn man es einathmet; man muß sich daher bei seiner Bereitung und bei den Versuchen mit Chlorgas sehr **in Acht nehmen, es einzuschlucken**. Zu größerer Sicherheit gießt man einige Tropfen Weingeist und Salmiakgeist (Ammoniak) auf ein Tuch und wedelt mit diesem öfters durch die Luft; das in der letzteren enthaltene Chlor wird dann so verändert, daß es seine Schädlichkeit verliert.

152. **Versuche mit Chlorgas und Chlorwasser.**

Geruch und Geschmack des Chlors. **Versuch a.** Um den **Geruch** des Chlors wahrzunehmen, rieche man vorsichtig an dem Chlorwasser (nicht an dem Chlorgas); das

Chlorwasser kann auch ohne Gefahr gekostet werden. Der Geruch des Chlors ist eigenthümlich stechend und erstickend, sein Geschmack herbe und schrumpfend.

Chlor ist schwerer als atmosphärische Luft.

**Versuch** b. Stellt man an einem luftigen Orte ein Gläschen mit Chlorgas offen an die Luft, so bemerkt man kein Verschwinden desselben; kehrt man das Gläschen aber um, so wird es in kurzer Zeit nur noch atmosphärische Luft enthalten. Das Chlorgas ist $2^1/_2$ mal schwerer als gewöhnliche Luft; sein specifisches Gewicht = 2,5.

2,44

Chlor bleicht.

**Versuch** c. Man werfe ein Stückchen Lackmuspapier in Chlorgas: es wird weiß; man gieße zu etwas Rothwein oder Tinte Chlorwasser: beide Flüssigkeiten verlieren ihre Farbe. Das Chlor bleicht und zerstört alle Farben, die aus dem Pflanzen- oder Thierreiche abstammen. In Folge dieser Eigenschaft ist das Chlor zum wichtigsten Bleichmittel geworden, mit dem man jetzt in wenigen Stunden Leinwand, Baumwolle, Papier u. a. Stoffe zur blendendsten Weiße bringen kann, zu deren Bleichung man Wochen, ja Monate brauchen würde, wenn man sie nach der gewöhnlichen Weise auf Rasen an die Sonne legt. Man nennt diese Bleichmethode Schnell- oder Fixbleiche (die ältere Rasenbleiche). Sie ist ganz vortrefflich und schadet der Haltbarkeit der Zeuge nicht im Mindesten, wenn man nur dafür sorgt, daß alles Chlor nach dem Bleichen vollständig wieder weggeschafft wird, was indeß nicht so leicht geht, als manche Bleicher glauben. Beobachtet man diese Vorsicht nicht, oder wendet man zu viel oder zu starkes Chlorwasser an, so wird freilich, nachdem die Farbe zerstört ist, auch die Faser des Garnes oder Gewebes selbst angegriffen und zerstört. Die Schuld ist dann aber nicht sowohl dem Chlor, sondern vielmehr der unverständigen Anwendung desselben zuzuschreiben. Neuerdings hat man unter dem Namen Antichlor ein Salz in den Handel gebracht, durch welches man das in den gebleichten Stoffen etwa noch vorhandene Chlor auf's Vollständigste unschädlich machen kann. Das Bleichen geschieht jetzt nur noch selten mit Chlorgas selbst oder mit Chlorwasser, wobei die Gesundheit der Arbeiter zu sehr gefährdet ist, sondern mit

152



Chlorkalk, einem Salze, in dem das Chlor chemisch gebunden ist, aus dem es aber sehr leicht, schon durch bloßes Stehen an der Luft, wieder frei gemacht werden kann.

Chlor zerstört riechende und Krankheitsstoffe.

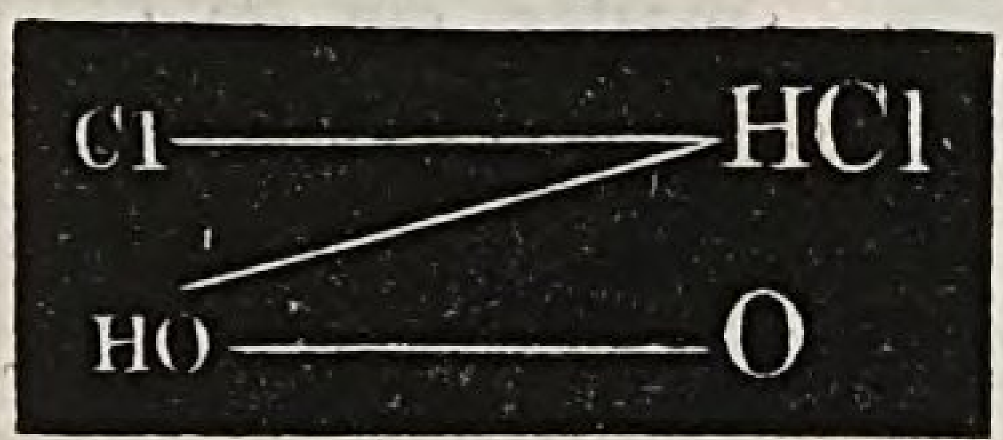
Versuch d. Man setze zu faulenden und stinkenden Stoffen (Wasser aus Blumenvasen, Mistjauche, faulen Eiern ꝛc.) Chlorwasser: der unangenehme Geruch wird sogleich auf's Vollständigste verschwinden. Das Chlor zersetzt, wie die Farben, so auch die flüchtigen Verbindungen, die sich bei der Fäulniß bilden und den bekannten unangenehmen Geruch veranlassen. Ebenso wirkt es auch auf die Krankheitsstoffe (Contagien und Miasmen), die sich bei vielen Krankheiten in der Luft ausbreiten, oder an Kleidern und Betten festhaften und ansteckend auf andere Personen wirken. Man hat daher in dem Chlor ein kräftiges Desinfectionsmittel, um dadurch Krankheits- oder faulige Stoffe, verpestete Luft ꝛc. wieder zu reinigen, und um das Weiterfaulen organischer Körper zu verhindern. Dumpfige Fässer werden wieder rein, wenn man sie mit Chlorwasser und zuletzt mit etwas Kalkmilch ausspühlt. Modrige Keller und Gewölbe, in denen sich Milch oder Bier nicht mehr hält, ohne umzuschlagen, werden wieder auf lange Zeit brauchbar durch Räucherung mit Chlorgas oder durch Auspinseln mit Chlorwasser oder Chlorkalkauflösung.

Chlorwasser und Licht.

Versuch e. Ein kleines, weißes Gläschen wird mit Chlorwasser gefüllt und verkehrt in eine mit Wasser gefüllte Tasse gestellt: es bleibt an einem dunklen Orte unverändert. Stellt man dasselbe aber in die Sonne, so sammelt sich in dem oberen Theile des Gläschens eine farblose Luftart an, in der sich ein glimmender Holzspahn entzündet; diese Luftart ist Sauerstoff. Nach einigen Tagen hat das Wasser den Chlorgeruch verloren, es schmeckt sauer, und hineingehaltenes blaues Lackmuspapier wird nicht mehr weiß, sondern roth. Es waren nur drei Elemente vorhanden: die Bestandtheile des Wassers und Chlor; es ist klar, das Chlor hat sich mit dem Wasserstoff des Wassers zu Salzsäure verbunden, der Sauerstoff des Wassers aber ist frei geworden. Das Chlor hatte hier die Wahl zwischen dem Wasserstoff und Sauerstoff des Wassers; es wählte den ersteren, woraus

erhellt, daß es eine größere Verwandtschaft zum Wasserstoff als zum Sauerstoff besitzt. Dieser Vorgang ist wieder ein Beispiel einer einfachen Wahlverwandtschaft. Man schützt die Flaschen, in denen Chlorwasser aufbewahrt wird, am einfachsten vor der Zersetzung durch das Licht durch Bekleben mit schwarzem Papier

Verwandtschaft des Chlors zum Wasserstoff.




bleibt beim Wasser.

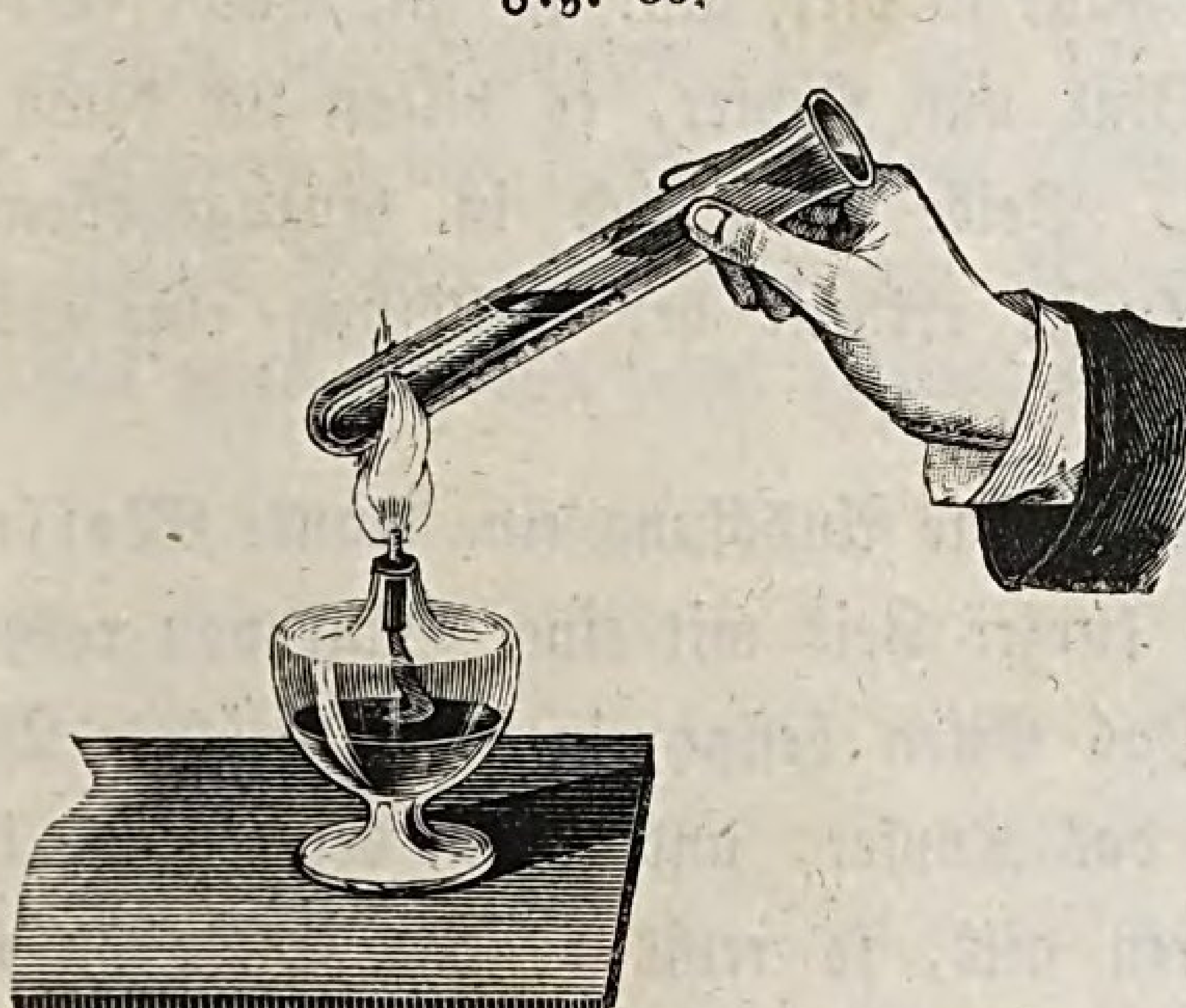
entweicht gasförmig.

Aus der starken Verwandtschaft des Chlors zum Wasserstoff lassen sich jetzt leicht die bleichenden und desinficirenden Wirkungen desselben erklären. Alle Pflanzen- und Thierstoffe enthalten Wasserstoff, dieser wird ihnen durch das Chlor weggenommen. Fällt aber eine einzige chemische Säule, so stürzt das ganze chemische Gebäude nach. Durch Entziehung des Wasserstoffs entstehen aus gefärbten Stoffen farblose, aus riechenden geruchlose, aus Krankheitsstoffen unschädliche, aus unlöslichen Stoffen sehr häufig lösliche 2c.

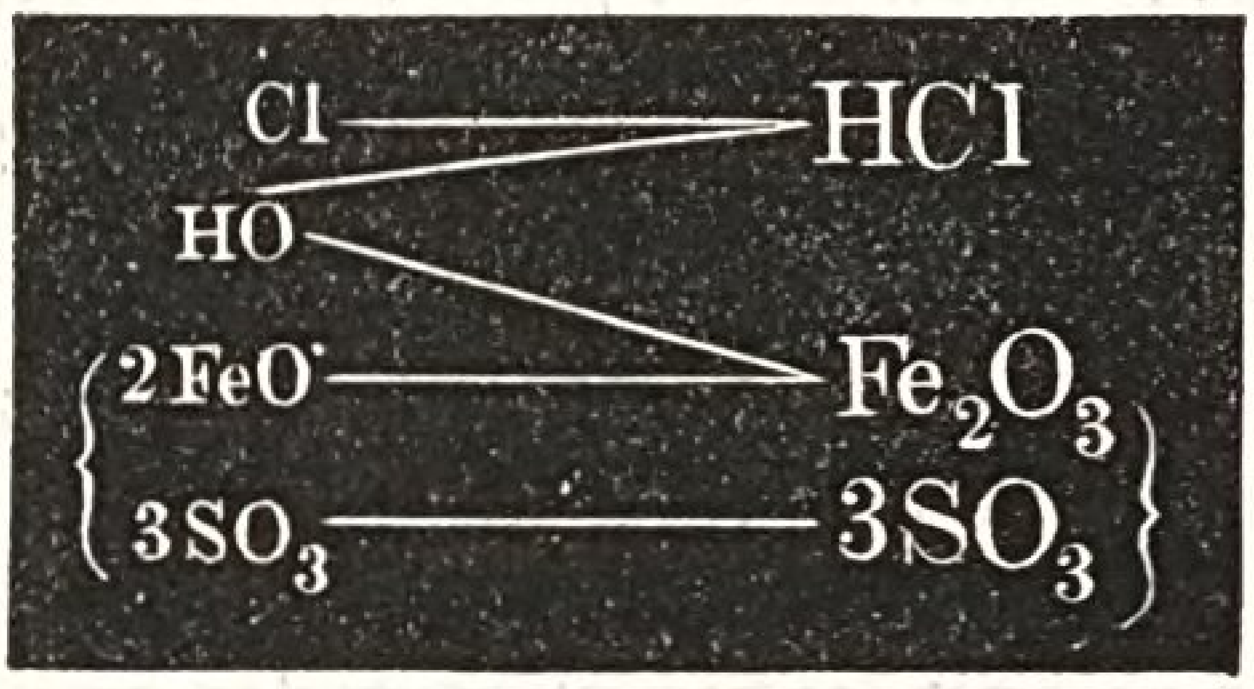
Versuch f In einem Probirgläschen löse man ein wenig Eisenvitriol (schwefelsaures Eisenoxydul) in Wasser auf und versetze die Auflösung mit einigen Tropfen Schwefelsäure, sodann mit etwas Chlorwasser: sie wird alsbald eine gelbe Farbe annehmen. Auch hierbei wird Wasser zersetzt; der Wasserstoff geht an's Chlor, der Sauerstoff aber wird nicht frei, da er einen Körper antrifft, der zwar schon Sauerstoff hat, aber noch mehr davon aufnehmen kann, nämlich das Eisenoxydul. Dieses wird höher oxydirt, und die gelbe Flüssigkeit enthält nun schwefelsaures Eisenoxyd Man

Chlor als Oxydationsmittel.

Fig. 86.



152




bleibt gelöst.

bleibt gelöst.

hat also in dem Chlorwasser ein starkes Oxydationsmittel, durch welches man leicht aus Oxydulsalzen Oxydsalze machen kann.

Chlor löst Gold auf.

Versuch g. Man werfe in Chlorwasser ein Blättchen von ächtem Blattgold: es wird bald verschwinden, weil das einfache Chlor sich mit dem einfachen Gold verbindet. Die Verbindung heißt Chlorgold; sie ist im Wasser aufgelöst. Das Chlor hat eine sehr große Neigung, sich mit den Metallen zu verbinden. Diese Verbindungen verhalten sich ganz wie Salze; man nennt sie Chlormetalle; die meisten derselben sind in Wasser löslich.

Chlor und Metalle.

Versuch h. In eine mit Chlorgas gefüllte Flasche schütte man ein wenig zu Pulver zerriebenes Antimonmetall: dasselbe wird während des Herabfallens glühend und bildet einen Feuerregen. Das Feuer entsteht durch die heftige Verbindung des Chlors mit dem Antimon. Der weiße Rauch, der das Fläschchen anfüllt, ist die neu entstandene Verbindung, Chlorantimon. Hält man feinen Messingdraht, z. B. eine Claviersaite, an die man ein Blättchen von unächtem Blattgold (Goldschaum) angedrückt hat, in Chlorgas, so entsteht gleichfalls ein lebhaftes Erglühen, und der Draht verbrennt unter Funkensprühen. Verbrennen heißt in diesem Falle so viel, als: sich mit Chlor verbinden. Messing besteht aus Zink und Kupfer, es bilden sich demnach Chlorzink und Chlorkupfer. Beide lösen sich in hinzugegossenem Wasser auf und das Chlorkupfer ertheilt der Auflösung eine grüne Farbe.

Eisen ist stärker als Kupfer.

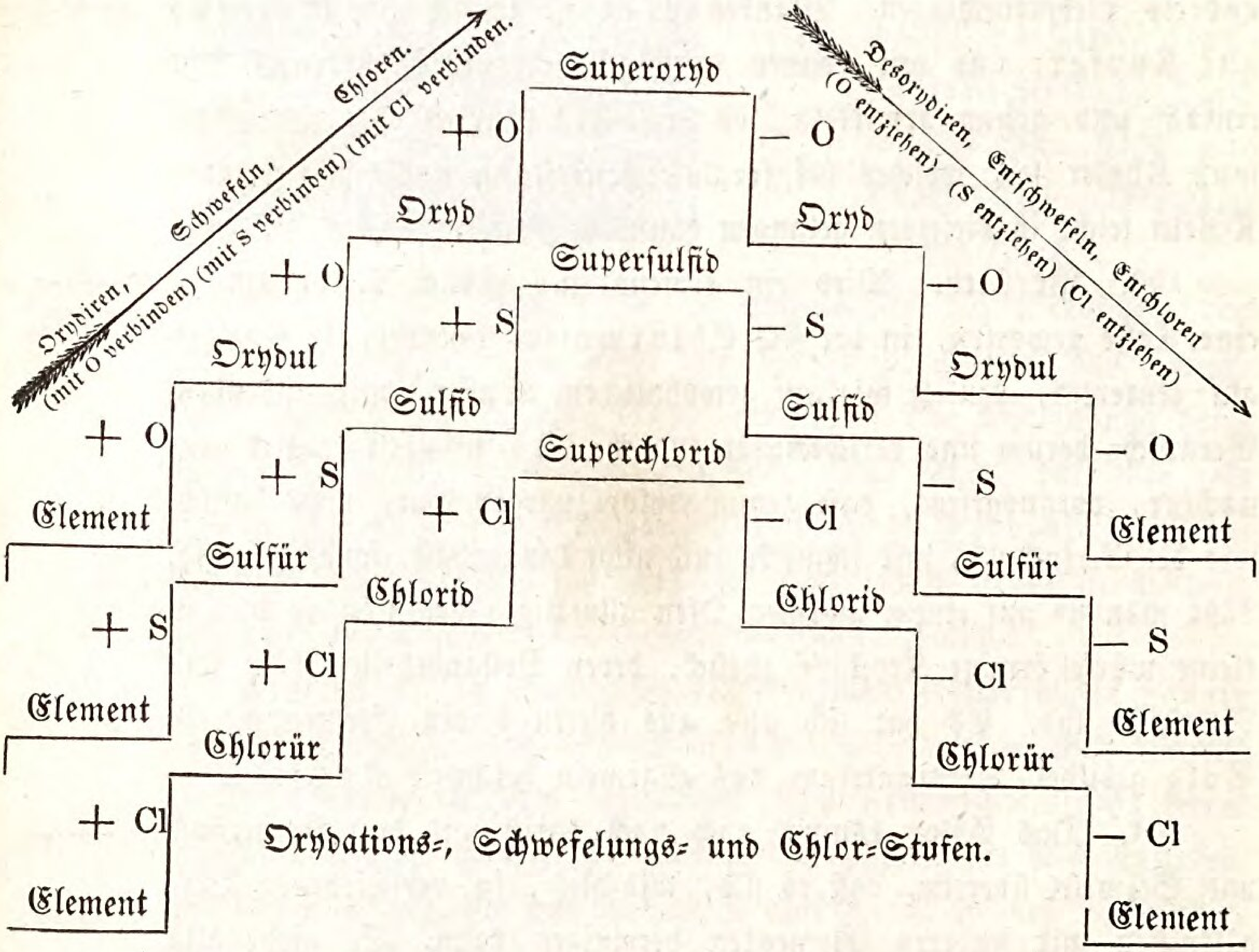
Versuch i. Man lege in diese Auflösung eine blanke Messerklinge: sie wird sich nach kurzer Zeit mit einer Haut von rothem Kupfermetall überziehen. Das Eisen besitzt eine noch größere Verwandtschaft zum Chlor als das Kupfer, und da in der Chemie immer das Recht des Stärkeren gilt, so reißt es das Chlor an sich und das Kupfer setzt sich in metallischer Gestalt ab. Man benutzt

diese Methode häufig, um ein Metall aus seiner Auflösung durch ein anderes niederzuschlagen. Blankes Eisen ist sonach ein Reagens auf Kupfer, und wir können durch eine blanke Messerklinge sehr einfach und genau ermitteln, ob in sauren Gurken oder Pflaumenmuß Kupfer sei, welches bei sorgloser Bereitung aus den kupfernen Kesseln leicht in dieselben gelangen kann. Eisen ist stärker als Kupfer.

153. **Versuch.** Wird ein erbsengroßes Stück Natrium in eine Tasse geworfen, in der sich Chlorwasser befindet, so fährt es auf letzterem, ähnlich wie auf gewöhnlichem Wasser, mit zischendem Geräusche herum und verschwindet endlich; die Flüssigkeit reagirt aber nachher, vorausgesetzt, daß genug Chlor zugegen war, nicht basisch, wie bei Versuch 67., und schmeckt auch nicht laugenhaft, sondern salzig. Läßt man sie auf einem warmen Ofen allmälig verdunsten, so bleiben kleine würfelförmige Krystalle zurück, deren Bestandtheile Chlor und Natrium sind. Es hat sich also aus diesen beiden Elementen ein Salz gebildet, Chlornatrium, das allgemein bekannte Kochsalz. Chlor und Natrium.

154. Das Chlor kommt auch noch darin mit dem Sauerstoff und Schwefel überein, daß es sich, wie diese, in verschiedenen Verhältnissen mit anderen Elementen vereinigen kann. Es giebt also auch Chlorstufen, ebenso wie Oxydations- und Schwefelungsstufen. Für jede Sauerstoffverbindung eines Metalls giebt es in der Regel auch eine Schwefel- und eine Chlorverbindung desselben. Die Verbindungen mit der geringeren Menge Chlor heißen Chlorüre und entsprechen den Oxydulen, die mit der größeren Menge Chloride und entsprechen den Oxyden. Noch höhere Chlorverbindungen führen den Namen Superchlorüre und Superchloride. Das folgende Schema wird jetzt von selbst verständlich sein. Chlorstufen.

Fig. 87.




Oxydations-, Schwefelungs- und Chlor-Stufen.

## Jod oder Jodine (J.)

(At.-Gew. = 1586. — Specif. Gew. = 5.)

— 1811 von **Courtois** entdeckt; von **Gay-Lussac** als Element erkannt. —

Jod. 155. Jod iſt ein dem Reißblei ſehr ähnlicher, feſter Körper, der chlorartig riecht, ſcharf ſchmeckt und die Finger beim Anfaſſen braun färbt.

Jod und Weingeiſt. **Verſuch.** 24 Gran Jod werden in einem Gläschen mit 1 Loth ſtarkem Weingeiſt übergoſſen; war das Jod rein, ſo löſt es ſich vollſtändig auf. Die dunkelbraune Auflöſung heißt **Jodtinctur**. Waſſer löſt nur eine Spur davon auf, es erlangt aber doch dadurch eine gelbe Farbe und einen ſchrumpfenden Geſchmack.

Jod und Wärme.

**Versuch.** Man streue einige Krümchen Jod auf ein Messer und halte dieses über eine Lichtflamme: das Jod schmilzt und verwandelt sich nachher in eine violette Luftart, in Joddampf. Da Joddampf fast 9mal schwerer ist als gewöhnliche Luft, so senkt er sich in der Luft abwärts. Der Farbe des Dampfes verdankt das Jod seinen Namen, das griechische Wort iodes heißt veilchenblau. Schöner sieht man den Joddampf beim Erwärmen in einem kleinen Kochfläschchen. Nach dem Erkalten findet man die Wände des Glases mit glänzenden, kleinen Krystallen von festem Jod bedeckt, ein Beispiel, wie auch regelmäßige Krystallgestalten entstehen können, wenn Körper aus dem luftförmigen Zustande in den festen übergehen.

Jod krystallisirt.

Jod färbt Stärke blau.

**Versuch.** 1 Gran Stärke wird in einem Probirgläschen mit 1 Quentchen Wasser gekocht und der entstandene dünne Kleister mit einigen Tropfen Jodtinctur versetzt: das Jod verbindet sich mit der Stärke; die Verbindung ist tiefblau. Beim Kochen verschwindet die blaue Farbe, sie kehrt aber beim Erkalten wieder zurück. Mischt man 1 Tropfen des Stärkekleisters mit 1 Kanne Wasser, so erhält man ohngefähr eine millionfache Verdünnung; selbst diese erhält durch Jodtinctur noch einen violetten Schein. Jod ist demnach ein äußerst empfindliches Reagens auf Stärkemehl, und umgekehrt Stärke auf Jod. Ein Tropfen Jodtinctur, auf Mehl, Brot, Kartoffeln u. s. w. getröpfelt, zeigt uns sofort an, daß sich Stärke in diesen Körpern befindet.

## Brom (Br).

(At.-Gew. = 1000. — Specif. Gew. = 3.)

— 1826 von Balard im Meerwasser entdeckt. —

Brom.

156. Das Brom kommt als eine dunkelbraunrothe, schwere, sehr flüchtige Flüssigkeit vor Bromos bedeutet im Griechischen übler Geruch; diesen Namen erhielt das in Rede stehende Element, weil es sich schon bei gewöhnlicher Temperatur in einen gelbrothen Dampf

Brom. verwandelt, der durchdringend unangenehm chlorähnlich riecht. Stärke wird davon gelb gefärbt.

Jod und Brom. Jod und Brom haben in ihrem Verhalten gegen andere Körper die größte Aehnlichkeit mit dem Chlor. Sie besitzen wie dieses eine sehr starke Affinität zum Wasserstoff und bilden damit Säuren; sie vereinigen sich auch mit den Metallen zu Jodüren und Jodiden, Bromüren und Bromiden, welche sich gleichfalls ganz wie Salze verhalten. Hält man eine blanke Silberplatte über Jod und Brom, so läuft sie erst gelb, dann violett und blau an; die Dämpfe dieser Körper vereinigen sich nämlich mit dem Silber. Die entstandene dünne Haut von Jod- und Bromsilber wird im Lichte fast augenblicklich, im Schatten langsam, im Dunkeln nicht zersetzt. Hierauf gründet sich die Darstellung der Daguerre'schen oder Licht-Bilder. Außerdem wird Jod und Brom als Arzneimittel zur Vertreibung der Kröpfe und Skropheln 2c. angewendet.

Vorkommen von Jod und Brom. Beide Stoffe sind getreue Begleiter des Chlors; wo Kochsalz vorkommt, in der Erde, im Meerwasser, in Mineralquellen, da finden sich auch kleine Mengen von ihnen, aber nicht frei, sondern ebenfalls an Metalle gebunden. Die Seepflanzen haben die Kraft, diese Verbindungen aus dem Seewasser an sich zu ziehen und in sich festzuhalten; aus ihnen stellt man sich das Jod und Brom dar. Sie wirken beide giftig.

## Fluor (Fl).

(At.-Gew. = 235.)

Fluor. Fluor ist gleichfalls ein dem Chlor sehr ähnliches Element, das man aber in reinem Zustande noch nicht kennt. Der bekannte in Würfeln krystallisirende Stein Flußspath besteht aus Fluor und Calcium.

## Cyan oder Cyanogen (Cy oder $C_2N$).

(At.-Gew. = 325. — Specif. Gew. = 1,8.)

— 1815 von Gay-Lussac entdeckt und für ein »zusammengesetztes Radical« erklärt. —

157. In dem als Malerfarbe allgemein bekannten Berliner- Cyan. blau hat man als Bestandtheile: Eisen, Kohlenstoff und Stickstoff aufgefunden. Die beiden letzten Stoffe aber sind so innig mit einander verbunden, daß man sie für eins halten möchte. Das Auffallendste an dieser Verbindung ist: daß sie sich, obgleich zusammengesetzt, doch mit anderen Elementen verbinden kann, gerade so, als ob sie selbst ein Element wäre. Aus diesem Grunde steht sie auch hier unter dem Namen Cyan in der Reihe der Elemente. Im Cyan haben wir also eine Ausnahme von dem früher aufgeführten Gesetze, nach welchem sich einfache Körper nur mit einfachen, zusammengesetzte nur mit zusammengesetzten chemisch vereinigen können. Gegen andere Körper verhält sich das Cyan dem Chlor, Jod, Brom und Fluor überaus ähnlich: es ist gasförmig, es giebt wie diese mit Wasserstoff eine Säure, die gefürchtete Blausäure, und vereinigt sich wie diese mit Metallen zu Cyanüren und Cyaniden. Die Cyanmetalle gleichen ebenfalls den Salzen. Die Verbindung des Cyans mit dem Eisen sieht, wie schon erwähnt, schön blau aus; hieraus erklärt sich der Name Cyan; cyanos bedeutet im Griechischen blau.

---

Die fünf Nichtmetalle: Chlor, Jod, Brom, Fluor und Cyan, zeichnen sich dadurch aus:

1) Daß sie zum Wasserstoff eine viel größere Verwandtschaft haben als zum Sauerstoff. Mit dem letzteren verbinden sie sich nur gezwungen (Sauerstoffsäuren).
2) Daß sie durch die Verbindung mit dem Wasserstoff zu Säuren werden (Wasserstoffsäuren)

Cyan. 3) Daß ihre Verbindungen mit den Metallen Salze sind. Man nennt diese Salze **Haloidsalze**, zum Unterschiede von den gewöhnlichen oder **Sauerstoffsalzen**, die aus einer Sauerstoffsäure und einer Basis bestehen.

Der letztgedachten Eigenschaft wegen hat man diesen fünf Elementen den Namen **Halogene** oder **Salzbilder** gegeben.

## Rückblick auf die Halogene.

(Chlor, Jod, Brom, Fluor und Cyan.)

1) Krystalle können sich bilden: 1. aus einer **Auflösung**, entweder durch Abkühlung (Salpeter), oder Verdunstung (Kochsalz); 2. aus einer **geschmolzenen** Flüssigkeit beim Erstarren (Schwefel), und 3. aus **Dämpfen**, wenn diese durch Abkühlung sogleich fest werden (Schnee, Jod).

2) Den krystallisirten oder regelmäßig gestalteten Körpern gegenüber stehen die **amorphen**, an denen eine bestimmte Gestalt nicht zu bemerken ist (glasartige und pulverige Körper). Manche Körper können zwei oder noch mehre verschiedene Gestalten annehmen; sie heißen dann dimorph oder polymorph (Kohle, Schwefel).

3) Das Wasser kann nicht nur feste Körper, sondern auch gasförmige, z. B. Chlor, Schwefelwasserstoff 2c. auflösen, und zwar löst es um so mehr davon auf, je kälter es ist.

4) Wie die Wärme, so kann auch das Licht chemische Verbindungen bewirken oder aufheben.

5) Ein Körper hat in dem Augenblicke, wo er aus einer Verbindung ausgeschieden wird (in statu nascenti), die größte Neigung zu neuen Verbindungen.

6) Es giebt ausnahmsweise auch zusammengesetzte Körper, die sich mit einfachen gerade so verbinden können, als ob sie chemische Elemente wären (Cyan).

## Vierte Gruppe der Nichtmetalle: Hyalogene.

### Bor (B).

(At.-Gew. = 136.)

— 1808 von Thenard und Gay-Lussac nachgewiesen. —

### Kiesel oder Silicium (Si).

(At.-Gew. = 266.)

— 1823 von Berzelius rein dargestellt. —

158. Diese beiden Stoffe kommen nur oxydirt in der Natur vor, das Bor selten, z. B. in der Bor- und Borarsäure und dem Borax, der Kiesel überaus häufig, z. B. im Sand und Quarz und fast in allen übrigen Gesteinen. Der Kiesel wird auch Silicium, vom lateinischen Silex = Kieselstein, genannt, daher sein Zeichen Si. Beide Elemente sind sehr schwierig aus ihren Verbindungen abzuscheiden und stellen dunkelbraune, amorphe Pulver dar; neuerdings hat man jedoch das Silicium auch in der Form von grauschwarzen, metallisch glänzenden Krystallblättern gewonnen. Mit Sauerstoff verbunden, als Borsäure und Kieselsäure, geben sie mit vielen Basen amorphe, glasähnliche Salze (Glas, Schlacke, Glasur), man kann das Bor und den Kiesel aus diesem Grunde Hyalogene oder Glaserzeuger nennen. Bor und Kiesel.

### Rückblick auf die Nichtmetalle oder Metalloide

1) Die bisher besprochenen 13 Stoffe werden Nichtmetalle oder Metalloide genannt, weil ihnen (doch nicht ohne Ausnahme) das metallische Ansehen abgeht.

2) Wärme und Elektricität gehen in ihnen nur äußerst langsam von einem Theilchen auf das andere über; sie sind (das krystallisirte Silicium ausgenommen) schlechte Leiter für Wärme und Elektricität. In den Metallen geschieht das Gegentheil; diese sind sehr gute Leiter.

3) Bei Zersetzungen durch galvanische Elektricität werden die

Nichtmetalle immer an dem positiven Pole (an der Zinkseite), die Metalle an dem negativen Pole (an der Kupferseite) abgeschieden. Da nun der positive Pol nur die mit der entgegengesetzten Elektricität, der negativen, begabten Körper anzieht, der negative Pol aber nur die mit positiver Elektricität begabten, so nennt man die Nichtmetalle elektronegative Körper, die Metalle elektropositive.

4) Die Nichtmetalle können sich fast alle mit dem Wasserstoff verbinden, die Metalle in der Regel nicht. Einige dieser Wasserstoffverbindungen haben saure Eigenschaften (Wasserstoffsäuren).

5) In gleicher Weise verbinden die Nichtmetalle sich auch mit dem Sauerstoff, und zwar zu sauren Oxyden oder Sauerstoffsäuren. Die Metalle verbinden sich zwar auch mit dem Sauerstoff, meistens aber zu basischen Oxyden oder Basen.

6) Dem Aggregatzustande nach sind bei gewöhnlicher Temperatur

7 Nichtmetalle fest: C, S, P, Se, J, B, Si.
1 » flüssig: Br.
5 » gasförmig: O, H, N, Cl, (Cy).

7) Nach den Aehnlichkeiten, welche die Nichtmetalle unter einander haben, lassen sich aus ihnen vier Familien oder Gruppen bilden:

1. Gruppe. Organogene, Thier- und Pflanzenerzeuger; O, H, N, C.
2. » Pyrogene, Feuererzeuger: S, P, Se.
3. » Halogene, Salzerzeuger: Cl, J, Br, Fl, (Cy).
4. » Hyalogene, Glaserzeuger: B, Si.

## Säuren.

# Erste Gruppe: Sauerstoffsäuren
oder
## Verbindungen der Nichtmetalle mit Sauerstoff.

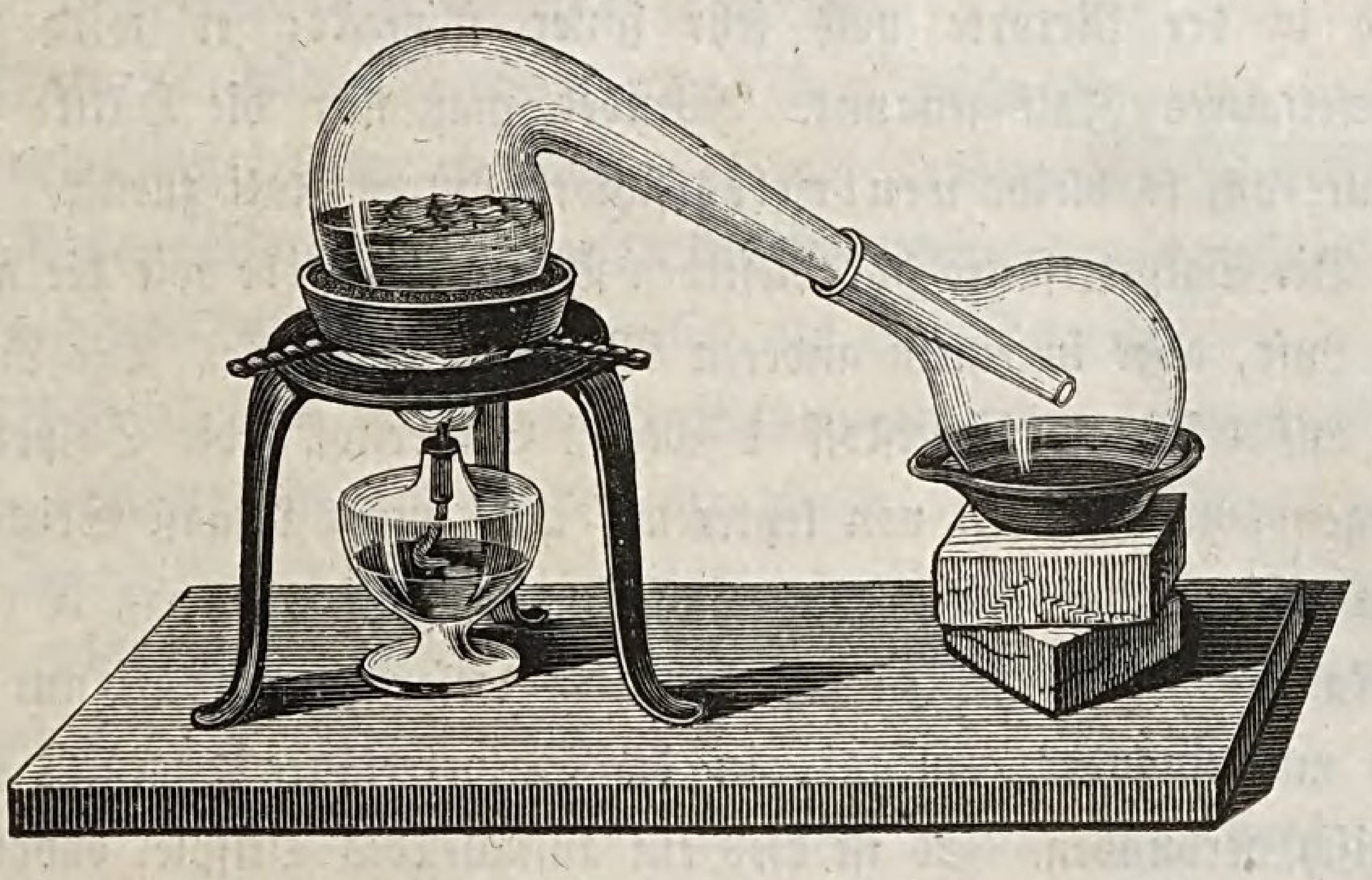
### Stickstoff und Sauerstoff.

1) Salpetersäure oder Scheidewasser ($HO, NO_5$).

— Lange bekannt; Zusammensetzung 1784 von Cavendish erkannt. —

159. **Versuch.** In eine kleine Retorte bringe man 1 Loth gestoßenen Salpeter, gieße 1 Loth englische Schwefelsäure darauf und lasse die Retorte einige Zeit aufrecht stehen, damit die im Halse Bereitung der Salpetersäure: $HO, NO_5$

Fig. 88.

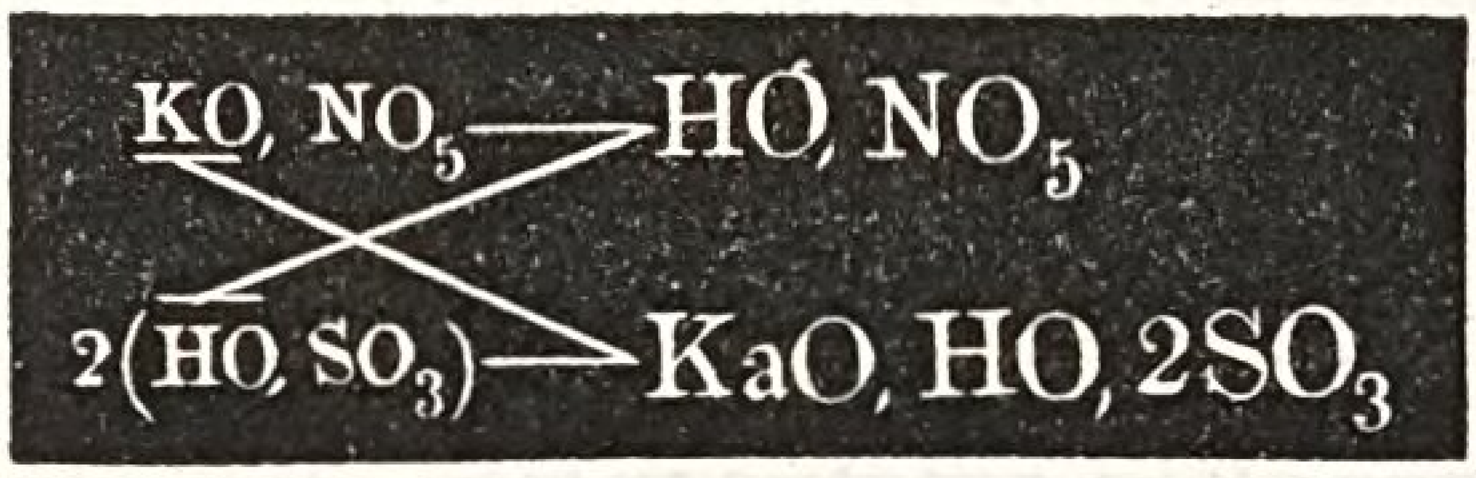


derselben hängen gebliebene Schwefelsäure sich möglichst herabziehe. Dann umgebe man die letztere in einem eisernen Schälchen mit Sand, lege einen Kolben vor, umwickle die zwischen der Retorte und dem Kolben gebliebenen Fugen mit einigen Streifen naßgemachten Fließpapiers und erhitze gelinde. In der Vorlage, die in einer mit Wasser gefüllten Schüssel liegt und öfters mit kaltem Wasser begossen wird

sammelt sich eine gelbliche, rauchende Flüssigkeit an, die schwerer ist als Wasser: sie heißt **Salpetersäure**.

Vorgang.

Der Salpeter ist ein Salz, welches aus Salpetersäure und einer Basis besteht. Die Basis heißt Kaliumoxyd oder kurzweg Kali und wird mit KO bezeichnet. Die Schwefelsäure ist stärker als die Salpetersäure, d. h. sie hat eine größere Affinität zum Kali als die letztere, sie vertreibt daher die Salpetersäure, welche durch die angewendete Hitze in Dampf verwandelt, durch die Abkühlung in der Vorlage aber wieder zu einer Flüssigkeit verdichtet wird.




flüchtig.

nicht flüchtig.

Eigentlich würde schon ½ Loth Schwefelsäure hinreichen, um alle Salpetersäure auszutreiben; der Proceß geht aber viel leichter von Statten, wenn man die doppelte Menge davon anwendet. Hierin liegt der Grund, warum der salzige Rückstand in der Retorte noch sehr sauer schmeckt; er wird **saures** schwefelsaures Kali genannt. Wendet man nur die Hälfte Schwefelsäure an, so bleibt **neutrales** schwefelsaures Kali zurück.

Bestandtheile der Salpetersäure.

Die Salpetersäure hat dieselben **Bestandtheile** wie die gewöhnliche Luft, aber in einem anderen Mengenverhältnisse. Die Luft enthält auf 4 Maaß Stickstoff 1 Maaß Sauerstoff, die Salpetersäure dagegen 10mal so viel von letzterem, also auf 4 Maaß Stickstoff 10 Maaß Sauerstoff, oder was dasselbe ist, auf 2 Maaß N (1 At.), 5 Maaß O (5 At.). In der Luft sind diese beiden Gase nur mechanisch mit einander gemengt, in der Salpetersäure dagegen sind sie chemisch verbunden. Es ist dies ein auffallendes Beispiel davon, wie außerordentlich die Eigenschaften der Körper sich verändern, wenn sich diese chemisch mit einander verbinden. Mechanisch mit einander gemengt, bilden die Bestandtheile der Salpetersäure eine belebende Luftart, chemisch vereinigt eine der schärfsten Flüssigkeiten.

Man könnte vielleicht meinen, daß sich die Salpetersäure auf eine einfachere Weise unmittelbar aus der Luft darstellen lassen müsse; dies

geht leider um deswillen nicht, weil der träge Stickstoff sich nicht von freien Stücken zu einer Verbindung mit dem Sauerstoff bequemt; diese Verbindung läßt sich nur auf Umwegen, die erst später angegeben werden können, erreichen.

Wassergehalt der Salpetersäure.

Die stärkste Salpetersäure enthält im Pfunde noch $4\frac{1}{2}$ Loth Wasser, oder auf 1 Atom Säure 1 Atom Wasser, ohne das sie gar nicht bestehen kann; entzieht man ihr dieses, so zerfällt sie in Sauerstoff und eine niedrigere Sauerstoffverbindung des Stickstoffes. Aehnlich verhalten sich viele andere Körper, besonders organische. Man nennt dieses Wasser Constitutionswasser, um dadurch anzudeuten, daß es zur Constitution, zur Existenz der betreffenden Körper, unerläßlich nothwendig ist. Das Krystallwasser ist nur zum Bestehen der Form oder Gestalt der Körper nothwendig. Die rohe im Handel vorkommende Salpetersäure, die man in Fabriken gewöhnlich in großen eisernen Cylindern bereitet, enthält im Pfunde wohl 20—24 Loth Wasser, ist also 3 bis 4mal schwächer als die obige.

160. Versuche mit Salpetersäure.

Säure.

Versuch a. Ein Tropfen Salpetersäure reicht hin, um mehre Eßlöffel voll Wasser sauer zu machen; blaues Probirpapier wird selbst bei noch stärkerer Verdünnung davon in rothes umgeändert: die Salpetersäure charakterisirt sich also deutlich als eine Säure.

Basis.

Versuch b. Als Gegensatz der Säuren mag der bekannte Salmiakgeist, richtiger Ammoniak genannt, dienen. Dieser schmeckt laugenhaft, ändert blaues Probirpapier nicht, wohl aber macht er rothes blau: er trägt den Charakter einer Basis. Auffallend ist außerdem der äußerst stechende Geruch desselben.

Neutralisation.

Versuch c. Zu 1 Loth Salmiakgeist tröpfle man vorsichtig Salpetersäure, und zwar so lange, bis rothes wie blaues Probirpapier darin unverändert bleibt. Ist dieser Zeitpunkt eingetreten, so bemerkt man nichts mehr von dem sauren, nichts mehr von dem laugenhaften Geschmacke, ebenso nichts mehr von dem starken Geruche; der Geschmack ist salzig geworden, der Geruch ist verschwunden. Man nennt diesen Vorgang, wie schon früher erwähnt wurde, eine Neu-

Neutralisation. tralisation. Die Flüssigkeit wird abgedampft; es bleibt ein weißes Salz zurück, salpetersaures Ammoniak. Durch geeignete Mittel kann man aus demselben sowohl die Salpetersäure als das Ammoniak wieder frei machen.

Es ist ein Hauptmerkmal aller Säuren, daß sie sich mit Basen zu ganz neuen Körpern, die man Salze nennt, verbinden, und dabei ihre sauren Eigenschaften verlieren.

Salpetersäure und Metalloxyde. Versuch d. Wenn man Blei längere Zeit an der Luft erhitzt, so verwandelt es sich in ein rothgelbes Pulver, indem es sich mit dem Sauerstoff der Luft verbindet; dieses Pulver heißt Bleioxyd, im gewöhnlichen Leben Bleiglätte. Man nehme von solcher Bleiglätte eine Messerspitze voll und übergieße sie in einem Probirgläschen mit etwas Salpetersäure: sie wird sich bei gelinder Erwärmung zum größten Theile auflösen. Die Auflösung wird warm filtrirt und in die Kälte gestellt: es setzt sich aus derselben ein Salz in weißen, glänzenden Krystallen ab, salpetersaures Bleioxyd. Der Vorgang zeigt, daß auch das Bleioxyd eine Basis ist, da es sich mit Säuren zu Salzen verbinden kann. Das Salz ist in reinem Wasser löslich.

Die Salpetersäure löst die meisten Metalloxyde auf und bildet damit Salze, welche sämmtlich in Wasser löslich sind. Hierauf gründet sich unter Anderem die Anwendung der Salpetersäure zum Blankbeizen der Metalle, z. B. der Kupfer- und Messinggeräthe, die beim Ausglühen, Löthen ꝛc. sich mit einer Rinde von Oxyd überzogen haben.

Salpetersäure und Metalle. Versuch e. Man übergieße einige Schrotkörner mit gewöhnlicher Salpetersäure, zu der man noch ein wenig Wasser hinzufügt: es erfolgt auch hier eine Auflösung, aber unter Entwickelung gelbrother Dämpfe von erstickendem Geruche. Diese Dämpfe heißen salpetrige Säure; sie enthalten, wie schon der Name andeutet, weniger Sauerstoff als die Salpetersäure. Der fehlende Sauerstoff ist an das Blei getreten und hat es in Oxyd verwandelt. Ein Theil der Salpetersäure wird auf diese Weise zerlegt, während ein anderer Theil davon sich mit dem Oxyde verbindet, und dasselbe Salz, wie bei dem vorigen Versuche, bildet. Das letztere krystallisirt gleichfalls aus der

Flüssigkeit heraus, wenn man diese bis zum Erscheinen des Salzhäutchens abdampft.

Salpetersäure und Metalle.

Die Salpetersäure wirkt hiebei, wie man sieht, auf eine doppelte Weise: sie oxydirt zuerst das Blei, dann verbindet sie sich mit dem entstandenen Oxyde. Das Blei erscheint aufgelöst; man bemerkt aber leicht, daß dies eine ganz andere Art von Auflösen ist, als wenn man Kochsalz oder Zucker in Wasser auflöst. In dem letzteren Falle ist Salz und Zucker unverändert in der Auflösung; das Blei aber befindet sich nicht als Metall, sondern als ein Salz, als salpetersaures Oxyd, in der Flüssigkeit. Ebenso verhält es sich mit allen anderen Metallen, welche sich in Salpetersäure auflösen lassen, z. B. mit Silber, Quecksilber, Kupfer, Eisen u. a. m. Gold wird davon nicht gelöst, man kann daher durch Salpetersäure Gold vom Silber scheiden; hieraus erklärt sich der alte Name Scheidewasser.

Salpetersäure und Nichtmetalle.

**Versuch** f. Wie die Metalle, so werden auch die Nichtmetalle durch Salpetersäure oxydirt; Kohle, mit derselben gekocht, wird zu Kohlensäure, Schwefel zu Schwefelsäure, Phosphor zu Phosphorsäure 2c. In allen Fällen entweichen dabei gelbrothe Dämpfe von salpetriger Säure.

Salpetersäure und organ. Stoffe.

**Versuch** g. Auch organische Körper, z. B. Wolle, Federn, Holz, Indigo, werden beim Erwärmen mit Salpetersäure oxydirt und somit zersetzt. Man kann diese Zersetzung als eine Verbrennung auf nassem Wege betrachten. Läßt man die organischen Stoffe nur kurze Zeit mit der Säure in Berührung, so nehmen sie durch die sich entwickelnde salpetrige Säure eine gelbe Farbe an. Man kann auf diese Weise Holz gelb beizen und Seide gelb färben; daher auch die gelben Flecken auf Händen und Kleidern, die mit Salpetersäure bespritzt wurden. Eine höchst auffallende Veränderung erleidet die Baumwolle, wenn man sie kurze Zeit in der stärksten Salpetersäure weichen läßt; sie verpufft dann, angezündet, wie Schießpulver, ja noch ungleich heftiger (433.). Die starke Salpetersäure wird schon durch das Sonnenlicht theilweise zerlegt und gelb gefärbt.

Färbt man etwas Wasser in einem Probirgläschen mit 1 Tropfen

Nbi



Reagens auf Salpetersäure. Indigolösung (173.) blau und bringt beim Kochen 1 Tropfen Salpetersäure hinzu, so verschwindet die blaue Farbe. Dieses Verhalten benutzt man zur Erkennung der Salpetersäure.

Die Salpetersäure wird, wie sich aus Vorstehendem ergiebt, sehr leicht zersetzt, und dabei entsteht immer freier Sauerstoff, der im statu nascenti die größte Neigung hat, sich wieder mit anderen Körpern zu verbinden. Die Salpetersäure wird durch diese Eigenschaft zu einem der wichtigsten Oxydationsmittel.

Salpetersaure Salze verpuffen. Versuch h. Diese leichte Zersetzbarkeit zeigen auch die salpetersauren Salze. Man streue von dem bei d. oder e. erhaltenen und zuvor zerriebenen salpetersauren Bleioxyd etwas auf eine glühende Kohle: das Salz wird sich unter lebhaftem Sprühen in einige Bleikörnchen verwandeln. Die Salpetersäure wird hiebei vollständig in Stickstoff und Sauerstoff zerlegt; der letztere, sowie der Sauerstoff des Bleioxydes, verbindet sich mit der Kohle zu Kohlensäure, welche nebst dem luftförmig gewordenen Stickstoff schnell entweicht und das Sprühen veranlaßt. Man nennt diese plötzliche Entwicklung von Gasarten aus einem festen Körper eine Verpuffung.

2) Salpetrige Säure ($NO_3$).

Salpetrige Säure; $NO_3$. 161. Diese Säure erzeugt sich immer als ein unwillkommenes Nebenproduct aus der Salpetersäure, wenn diese, wie bei den vorigen Versuchen, zum Auflösen oder Oxydiren von Metallen oder anderen Körpern angewendet wird. Sie bildet bei gewöhnlicher Temperatur einen rothgelben, erstickenden Dampf, der aber durch starke Kälte zu einer blauen Flüssigkeit verdichtet werden kann. Da diese Dämpfe beim Einathmen die Lunge angreifen, so hat man sich bei den Versuchen mit Salpetersäure so zu stellen, daß sie von dem Luftzuge weggeführt werden.

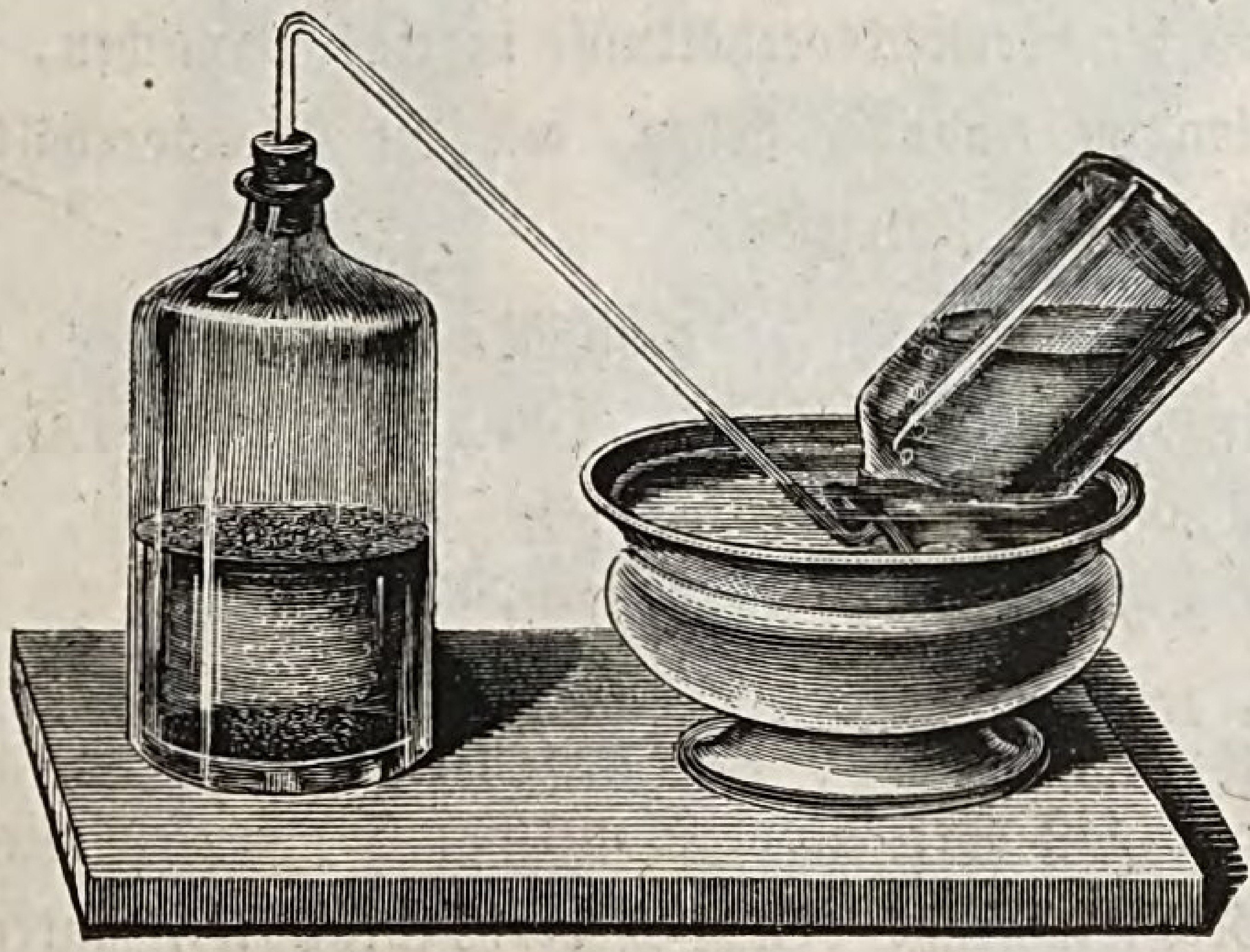
Rauchende Salpetersäure. Die Salpetersäure kann große Mengen von den erwähnten salpetrigsauren Dämpfen auflösen, und wird dadurch zu einer rothgelben Flüssigkeit, aus der in offenen Gefäßen rothgelbe Dämpfe emporsteigen. Sie heißt dann rauchende Salpetersäure ($NO_3 + NO_5$). Beim Verdünnen mit Wasser wird

dieselbe erst grün, dann blau und endlich farblos, während die salpetrige Säure entweicht.

3) Stickstoffoxyd ($NO_2$).

162. **Versuch.** Man gieße auf einen in ein Opodeldocgläschen gelegten Kupferpfennig ein wenig Wasser und dann nach und nach gewöhnliche Salpetersäure, bis ein lebhaftes Brausen entsteht; das Brausen rührt von der Entwicklung einer Luftart her, die man in einem weißen Gläschen mittelst des bekannten pneumatischen Apparates auffängt; sie wird Stickstoffoxyd genannt, und besteht aus 2 Maaß (1 At.) Stickstoff und 2 Maaß (2 At.) Sauerstoff. Man Stickstoffoxyd: $NO_2$.

Fig. 89.



verstopft das Gläschen unter Wasser; es scheint leer zu sein, denn das Stickstoffoxyd ist farblos; öffnet man es aber und bläst vorsichtig Luft hinein, so füllt es sich von oben herab mit gelbrothen Dämpfen. Das Stickstoffoxyd nimmt dabei aus der Luft noch 1 At. Sauerstoff auf und verwandelt sich in salpetrige Säure; aus $NO_2$ wird $NO_3$. Dieser Eigenschaft wegen ist es bei der Bereitung der englischen Schwefelsäure wichtig geworden (172.). Es entsteht hier aus der Salpetersäure, weil das Kupfer dieser 3 Atome Sauerstoff entzieht und zu Oxyd wird, welches sich mit unzersetzter Salpetersäure zu salpetersaurem Kupferoxyd verbindet. Dieses Salz erhält man in

164



blauen Krystallen, wenn man die über dem Kupferpfennige stehende Flüssigkeit abdampft.

Stickstoffoxydul; NO. 163. 4) **Stickstoffoxydul** (NO) ist eine Verbindung von 2 Maaß (1 At.) Stickstoff mit 1 Maaß (1 At.) Sauerstoff und stellt eine farblose Luftart dar, die eingeathmet berauschend wirkt und daher auch Lustgas genannt wird. Man kann dieses Gas als atmosphärische Luft ansehen, die noch einmal so gut ist, d. h. noch einmal so viel Sauerstoff enthält, als die gewöhnliche.

---

Untersucht man die vier genannten Stickstoffverbindungen, um zu erfahren, wie sie dem Gewichte nach zusammengesetzt sind, so findet man, daß die Gewichtsverhältnisse in einer ähnlichen, regelmäßigen Proportion zu einander stehen, wie die Maaßverhältnisse. Es verbinden sich nämlich jederzeit:

| dem Gewichte nach: | | | dem Maaße nach: | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 175 Lth. N | mit 500 Lth. O, | oder 2 Mß. | (1 At.) N | mit 5 Mß. | (5 At.) O | zu $NO_5$, |
| 175 » | — » 300 » | — » 2 » | (1 At.) | — » 3 » | » | — » $NO_3$, |
| 175 » | — » 200 » | — » 2 » | (1 At.) | — » 2 » | » | — » $NO_2$, |
| 175 » | — » 100 » | — » 2 » | (1 At.) | — » 1 » | » | — » NO. |

Unter 1 Maaß oder Atom Sauerstoff (O) denken wir uns hiernach eine Gewichtsmenge von 100 Loth, Gran 2c., unter 2 Maaß oder 1 Atom Stickstoff (N) dagegen eine Gewichtsmenge von 175 Loth, Gran 2c.

## Kohlenstoff und Sauerstoff.

### 1) Kohlensäure oder fixe Luft ($CO_2$).

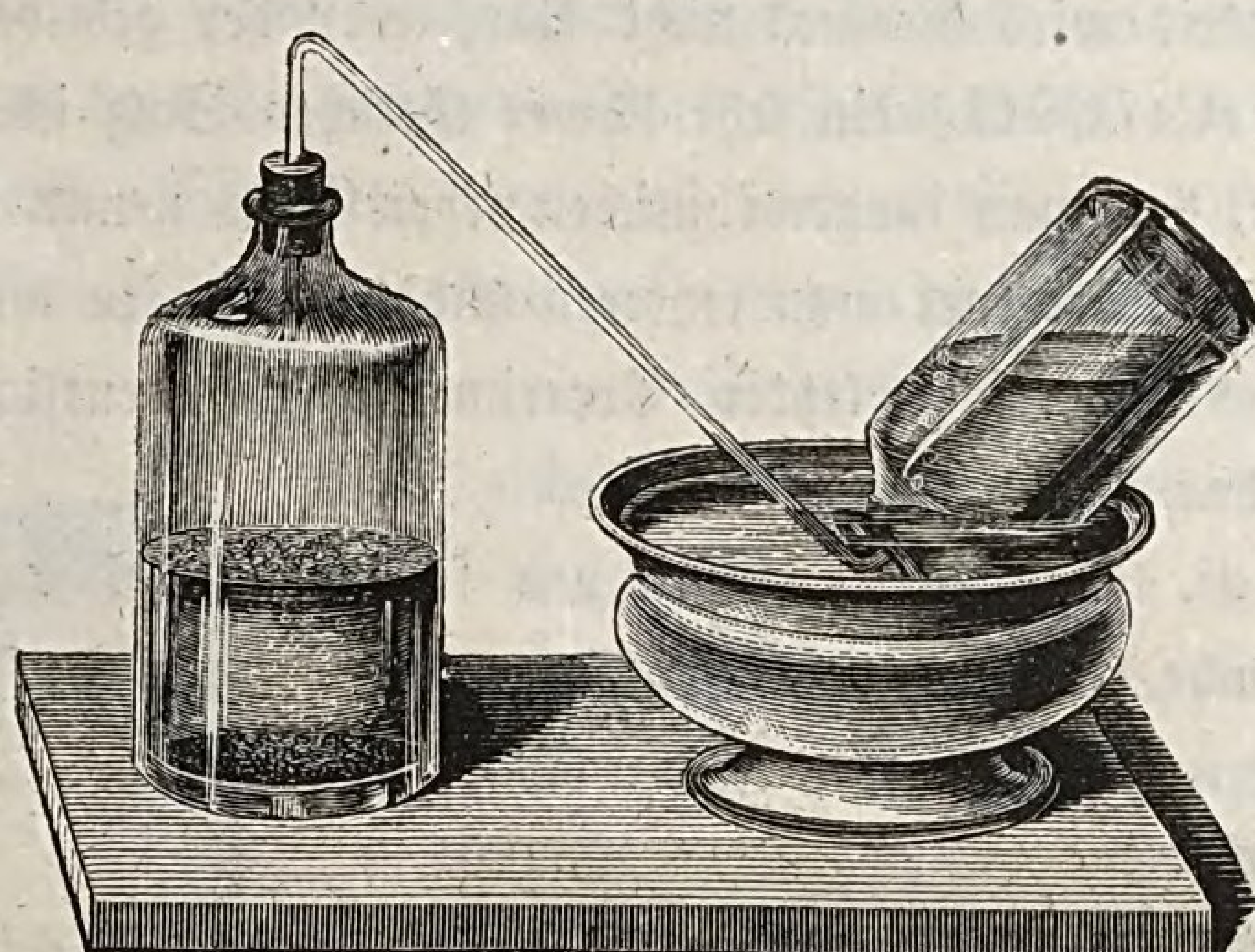
— 1757 von **Black** erkannt und »fixe Luft« benannt; Zusammensetzung 1781 von **Lavoisier** nachgewiesen; 1823 von **Faraday** zu einer Flüssigkeit, 1835 von **Thilorier** zu einem festen Körper condensirt. —

Kohlensäure; $CO_2$. 164. Bei dem Kohlenstoff wurde schon gezeigt, daß Kohle und alle unsere Brennmaterialien beim lebhaften Verbrennen **Kohlen**-

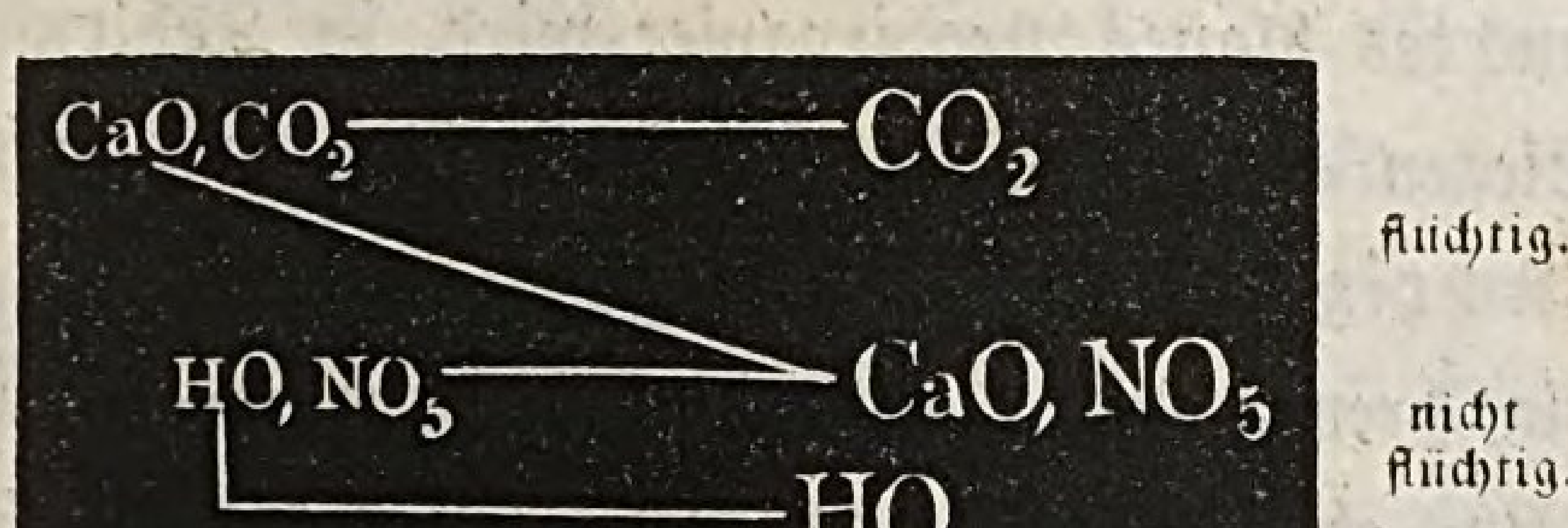
säure bilden (115.), und daß diese Luftart durch Kalkwasser entdeckt werden kann, welches sich dadurch trübt, weil ein unlösliches Salz, kohlensaurer Kalk, gebildet wird. Kreide, Kalkstein, Marmor sind auch kohlensaurer Kalk; aus ihnen kann man Kohlensäure in größerer Menge darstellen. Kohlensäure; $CO_2$.

**Versuch.** In ein Achtunzenglas bringe man 1 Loth Salpetersäure und 1 Loth Wasser, dann einige Stücke von Kreide oder

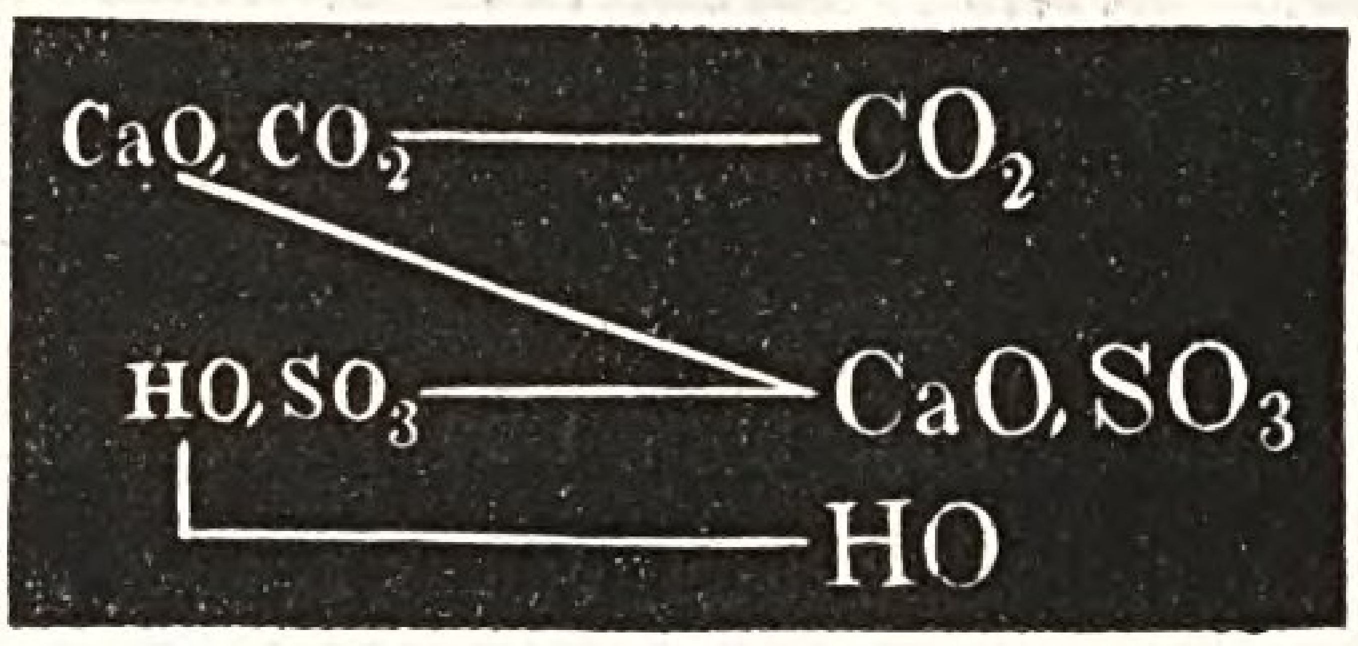
Fig. 90.



Kalkstein; das Glas wird durch eine gebogene Glasröhre mit einer pneumatischen Wanne verbunden und das unter Brausen entweichende Gas, wie beim Sauerstoff angegeben, aufgefangen. Die stärkere Salpetersäure verjagt die schwächere Kohlensäure, indem sie sich mit der Basis der Kreide, dem Kalk (CaO), verbindet. Der entstandene salpetersaure Kalk ($CaO, NO_5$) ist ein lösliches Salz, im Glase bleibt daher eine klare Flüssigkeit, aus der man durch Abdampfen das salpetersaure Salz in fester Form erhalten kann.



Kohlensäure; $CO_2$. Versuch. Man wiederhole diesen Versuch mit der Abänderung, daß man statt der Salpetersäure 1 Loth Schwefelsäure ($SO_3$), die man zuvor mit 4 Loth Wasser vorsichtig vermischt hat (84.), anwendet; man erhält Kohlensäure und schwefelsauren Kalk.

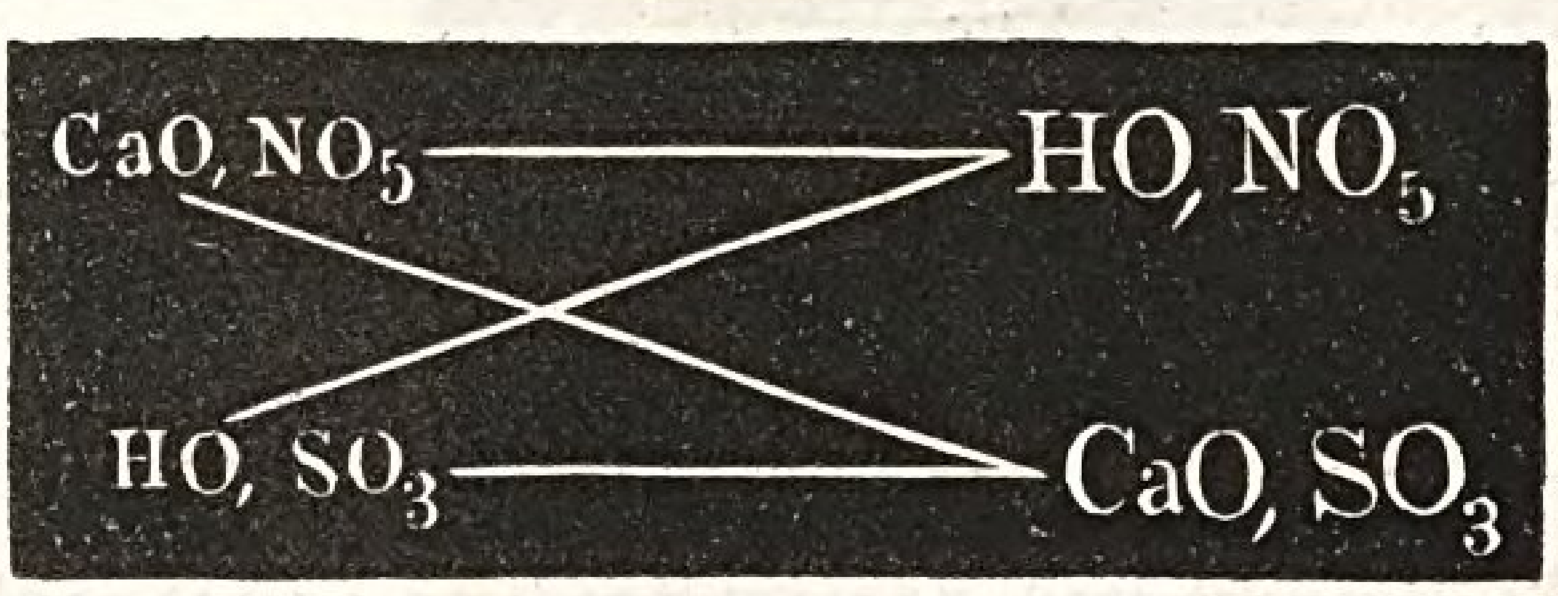



flüchtig.

nicht flüchtig.

Die Flüssigkeit wird diesmal nicht klar, weil der gebildete schwefelsaure Kalk ($CaO, SO_3$) ein sehr schwer lösliches Salz ist: es ist derselbe Körper, den man im gewöhnlichen Leben Gyps nennt. Nach beendigtem Versuche trocknet man letzteren und hebt ihn zu weiteren Versuchen auf. Die beiden letzten Experimente sind deutliche Beispiele einer einfachen Wahlverwandtschaft.

Versuch. Zu der Auflösung von salpetersaurem Kalk aus dem ersten Versuche tröpfle man Schwefelsäure: die klare Flüssigkeit wird dick und trübe, denn es entsteht gleichfalls Gyps weil die Schwefelsäure, welche stärker ist als die Salpetersäure, die letztere verdrängt und sich mit dem Kalk verbindet.




leicht löslich.

schwer löslich.

Kohlensäure, ein saures Gas. 165. Versuche mit Kohlensäure.

Versuch a. Feuchtes blaues Probirpapier wird, in Kohlensäure gehalten, roth, beim Liegen an der Luft aber wieder blau: das kohlensaure Gas ist eine flüchtige Säure.

Kohlensäure wirkt erstickend. Versuch b. Ein brennender Holzspahn verlöscht, wenn man ihn in Kohlensäure hält; ebenso verlöscht das Leben, wenn Menschen oder Thiere diese Luft einathmen: das kohlensaure Gas kann die Verbrennung und das Leben nicht unterhalten.

Kohlensäure ist schwerer als Luft. Versuch c. Man stürze ein mit Kohlensäure gefülltes Glas über ein leeres, d. h. nur atmosphärische Luft enthaltendes; hält man nach

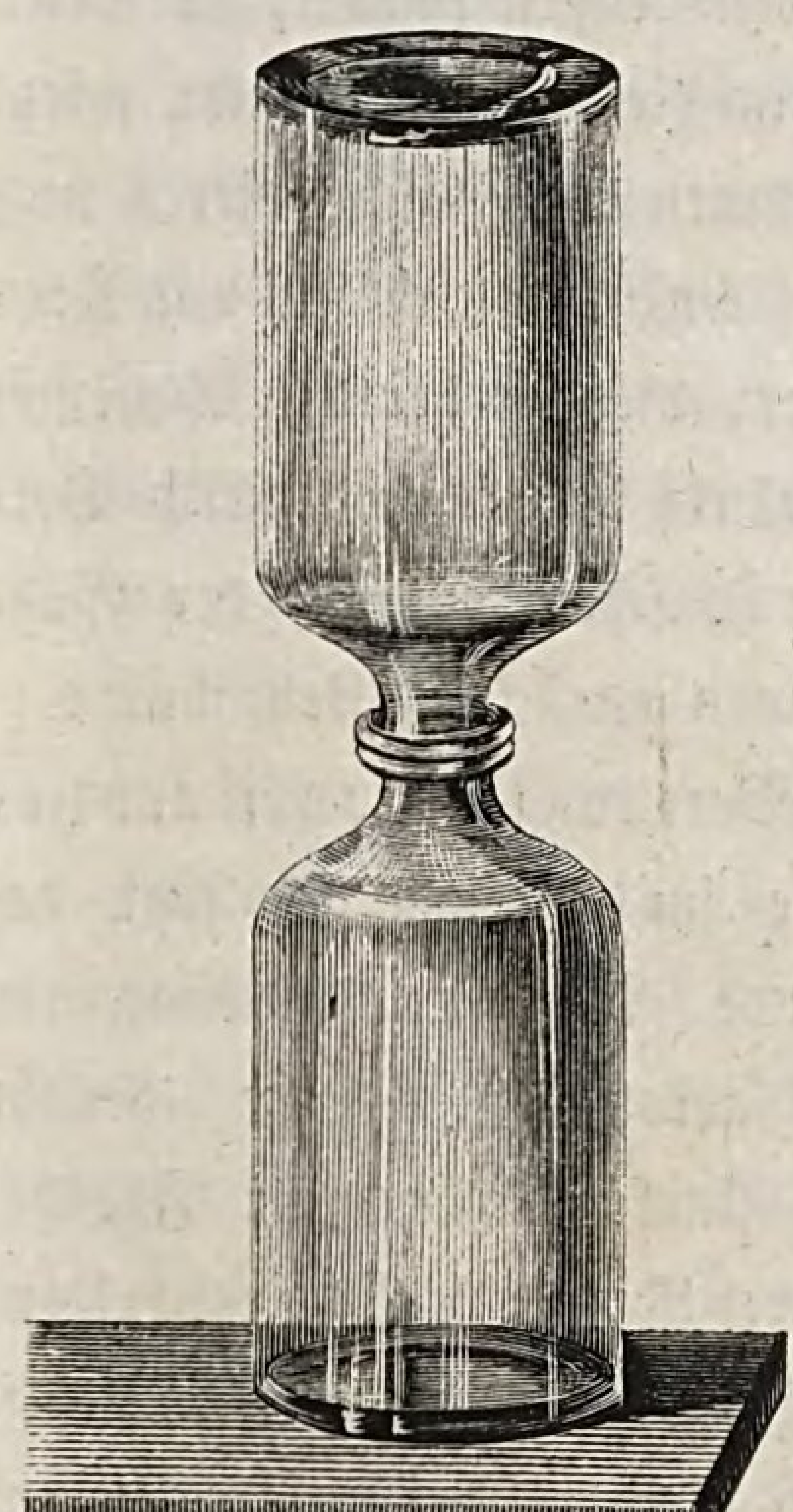
einigen Minuten einen brennenden Spahn in diese Gläser, so brennt er in dem oberen fort, er verlöscht aber in dem unteren. Die Kohlensäure ist schwerer als gewöhnliche Luft, sie hat sich zu Boden gesenkt, während die leichtere atmosphärische Luft in die Höhe stieg. Hält man ein mit Kohlensäure gefülltes Glas mit der Oeffnung nach unten schräg über eine Lichtflamme, so daß dieselbe herausfließen kann, so verlöscht das Licht.

Kohlensäure ist schwerer als Luft.

**Versuch** d. Man wiederhole diesen Versuch, nur mit dem Unterschiede, daß man das **untere** Glas mit Kohlensäure füllt und das obere leer läßt. Schüttelt man nach einigen Stunden beide Gläser mit Kalkwasser, so wird man ebensowohl in dem oberen als unteren Glase einen Niederschlag von kohlensaurem Kalk erhalten, ein Beweis, daß die Kohlensäure zum Theil in die Höhe gestiegen ist. Beide Luftarten haben sich genau mit einander gemengt, oder die Kohlensäure hat sich, obgleich schwerer, nach oben, die gewöhnliche Luft, obgleich leichter, nach unten zu ausgebreitet (diffundirt). Man nennt dieses freiwillige Mengen der Gasarten mit einander die **Diffusion der Gase**. Das Diffusionsvermögen der gasartigen Körper ist von hoher Wichtigkeit für die Oekonomie der Natur; denn durch dasselbe entsteht im Großen in der atmosphärischen Luft eine fortwährende Ausgleichung der Bestandtheile, und ihm ist es zuzuschreiben, daß wir überall die Zusammensetzung der Luft ziemlich gleich antreffen, obwohl ihr an dem einen Orte freier Sauerstoff entzogen, an dem anderen Kohlensäure zugeführt wird.

Diffusion.

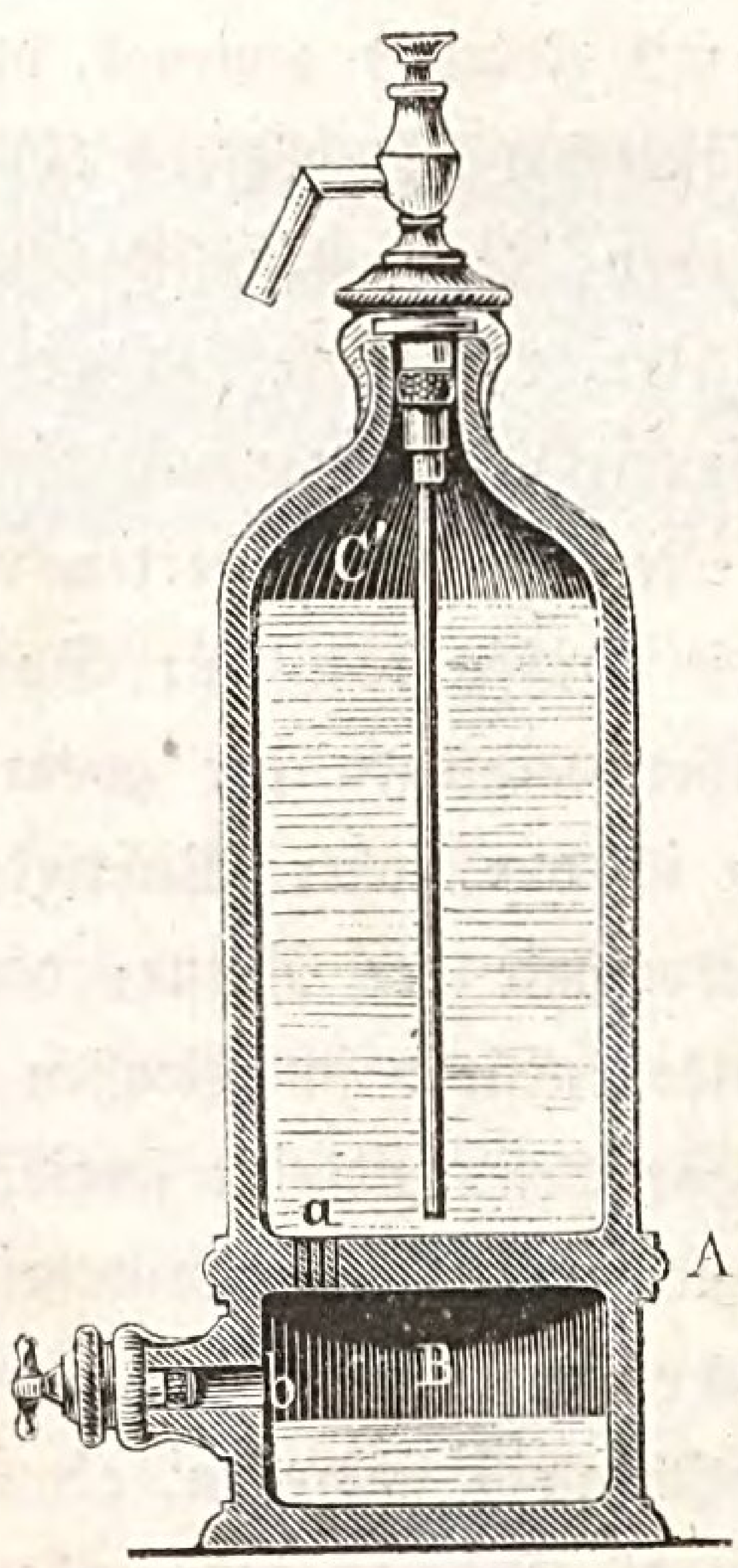
Fig. 91.



Kohlensäure und Wasser.

Versuch e. In ein Kohlensäure enthaltendes Glas fülle man recht frisches Wasser bis zur Hälfte, verschließe es mit dem Finger und schüttle es: das Wasser nimmt die Kohlensäure auf und der Finger wird, weil innen ein luftleerer Raum entstanden ist, von der äußeren Luft in die Mündung des Glases hineingedrückt. Das kohlensaure Gas ist löslich im Wasser. 1 Maaß Wasser kann 1 Maaß Kohlensäure auflösen, noch einmal so viel aber, wenn man sie hineinpreßt; es erlangt dadurch einen säuerlichen Geschmack und die Eigenschaft, zu moussiren oder zu brausen. Solche Wasser quellen an vielen Orten aus der Erde hervor, z. B. in Selters und Bilin, und werden unter dem Namen Sauerwässer als Heilmittel benutzt. Man stellt sie jetzt auch mit großer Naturtreue künstlich dar (Struve'sche Mineralwässer). Wie sich hieraus ergiebt, ist die Kohlensäure unschädlich, ja heilsam, wenn sie in den Magen kommt, sie wirkt nur erstickend, wenn sie eingeathmet, also in die Lunge gebracht wird.

Fig. 92.




Das Schäumen des Flaschenbieres und Champagners rührt gleichfalls von Kohlensäure her, die sich bei der Gährung dieser Getränke bildete und durch Verstopfen der Flaschen während der Gährung in ihnen zurückgehalten wurde.

Zur Bereitung moussirender Getränke im Kleinen ist jetzt der nebenstehende Apparat vielfach in Gebrauch gekommen. Er besteht aus einer starken thönernen Flasche, deren innerer Raum durch die horizontale Zwischenwand *A* in die zwei Hälften *B* und *C* getheilt ist. In der unteren Abtheilung *B* wird die Kohlensäure aus Weinsäure und zweifach kohlensaurem Natron erzeugt, die man nebst etwas Wasser durch die ver-

schließbare Oeffnung *b* hineinschüttet nachdem man die obere Abtheilung *C*, mit Wasser oder Wein angefüllt hat. Die sich entwickelnde Kohlensäure drängt sich durch die ganz feinen Löcher *a* der Zwischenwand in die Flüssigkeit, welche so viel davon absorbirt als sie vermag, während sich der Ueberschuß des Gases darüber ansammelt und einen so starken Druck auf die Flüssigkeit ausübt, daß diese durch das fast bis zum Boden reichende Steigrohr in die Höhe und zu dem Ausflußrohre herausgetrieben wird, sobald man durch einen Druck auf den obersten Knopf ein Ventil öffnet, welches die Verbindung zwischen beiden verschließt. Vor dem jedesmaligen Gebrauche dieses Apparates muß man sich durch Durchblasen bei *b* davon überzeugen, daß die feinen Verbindungscanäle *a* nicht etwa verstopft sind, weil außerdem die gesammte Kohlensäure in dem kleinen unteren Raume bleiben müßte und diesen mit einer gefährlichen Explosion leicht gewaltsam auseinandertreiben könnte. Kohlensäure und Wasser.

Versuch f. Man werfe ein Stückchen Kreide in Essig: der Essig ist eine der schwächsten Säuren, er ist aber doch im Stande, die Kohlensäure zu vertreiben: sie entweicht unter Aufbrausen. Die Kohlensäure ist eine sehr schwache Säure, weil sie eine sehr große Neigung hat, gasförmig zu werden. Kohlensäure, eine schwache Säure.

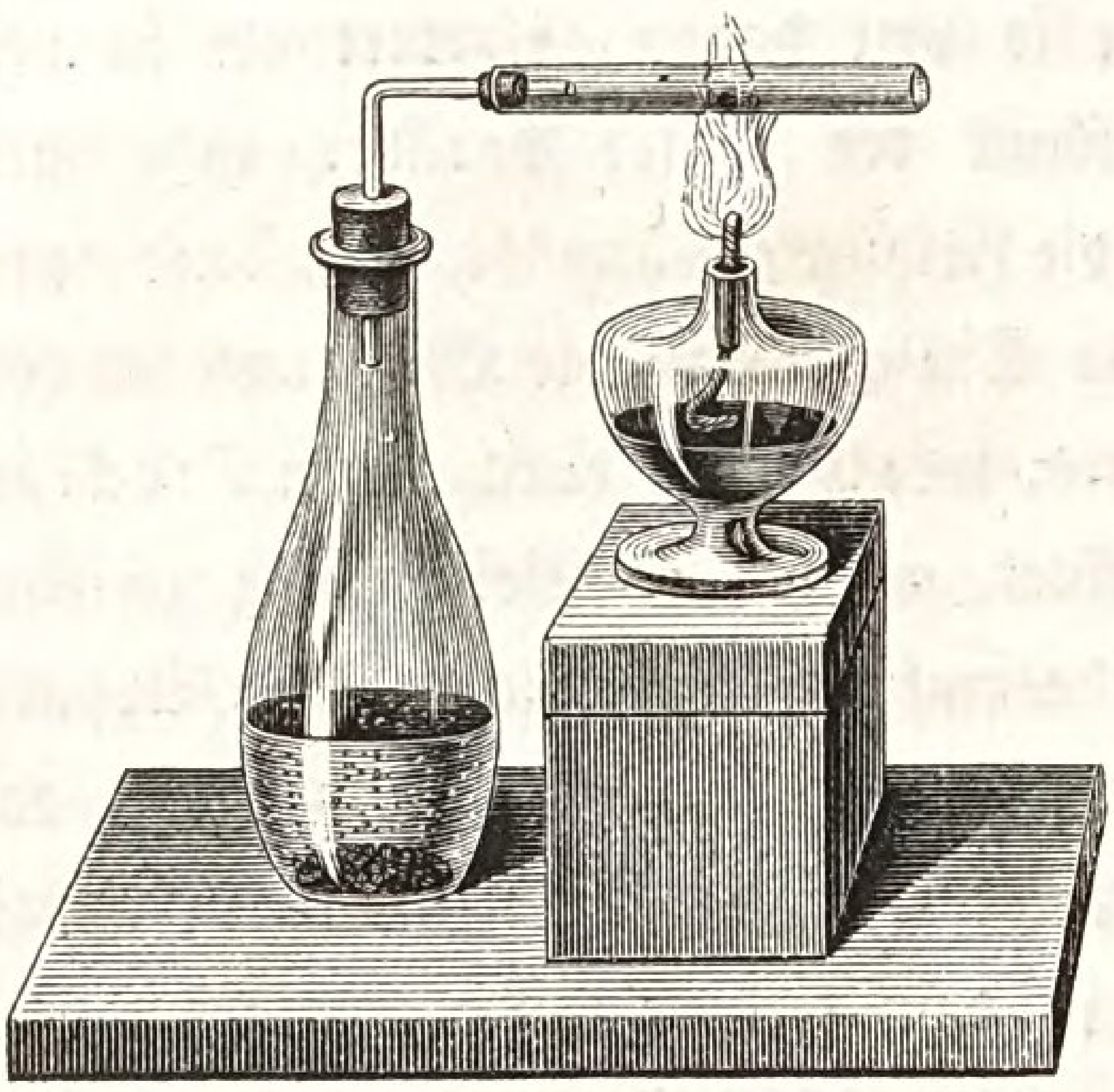
Sonst kannte man die Kohlensäure nur als eine Luftart, jetzt aber ist man im Stande, sie durch starkes Zusammenpressen bei großer Kälte in eine Flüssigkeit zu verwandeln. Diese Flüssigkeit verdunstet mit so großer Schnelligkeit, daß dabei eine Verdunstungskälte (40.) von beinahe — 100° C. entsteht. Durch diese ist es in neuester Zeit sogar gelungen, die Kohlensäure fest zu machen. Sie hat dann das Ansehen von Schnee oder Eis. Flüssige und feste Kohlensäure.

166. Versuch. Um sich zu überzeugen, daß in dem farblosen kohlensauren Gase wirklich Kohle enthalten sei, nehme man ein Probirgläschen, stoße den Boden desselben ein, und verbinde es mittelst eines durchbohrten Korkes und einer Glasröhre mit einem Glase, in dem sich Kohlensäure entwickelt (164.). In das Probirgläschen schiebt man ein erbsengroßes Stück Kalium, das man zuvor mit Fließpapier Zersetzung der Kohlensäure.

Zersetzung der Kohlensäure.

abgetrocknet hat, und erhitzt die Stelle, wo es liegt, von außen mit einer Lampe. Das Kalium ist ein dem Natrium sehr ähnliches Metall und hat, wie dieses, eine außerordentliche Begierde, sich mit Sauerstoff zu verbinden; es ist hier im Stande, der Kohlensäure, die darüber hinwegströmt, in der Hitze den Sauerstoff zu entziehen. Dies geschieht und es entsteht Kaliumoxyd oder Kali (KO), eine der stärksten Basen, die sich sogleich mit einem Theile der vorhandenen Säure zu kohlensaurem Kali (Pottasche) verbindet, während der Kohlenstoff derjenigen Kohlensäure, die ihren Sauerstoff an das Kalium abgegeben, übrig bleibt und der Salzmasse eine schwarze Farbe ertheilt. Stellt man die Röhre mit der letzteren in ein Opodeldocgläschen, in dem sich Wasser befindet, so löst sich das kohlensaure Kali auf, die Kohle aber schwimmt mechanisch in der Lösung und läßt sich auf einem Filtrum sammeln. Die Flüssigkeit reagirt basisch, weil die schwache Kohlensäure nicht im Stande ist, die basischen Eigenschaften einer so starken Basis, wie des Kali's, vollständig zu neutralisiren. Daß Kohlensäure dabei ist, sieht man aus dem Brausen beim Zusatz einer Säure.

Fig. 93.



Zusammensetzung der Kohlensäure.

Die Kohlensäure besteht aus 1 At. Kohlenstoff und 2 At Sauerstoff, sie hat also die Formel = $CO_2$. Dem Gewichte nach sind in ihr immer 75 Loth oder Gran Kohlenstoff mit 200 Loth oder Gran Sauerstoff vereinigt; wir haben uns demnach unter 1 At. C stets eine Gewichtsmenge von 75 Loth, Gran ꝛc. Kohlenstoff zu denken.

Bildung von Kohlensäure:

167. Die Kohlensäure erzeugt sich unaufhörlich an allen Orten der Erde, und zwar insbesondere:

durch Vulcanismus;

a) Da, wo im Innern der Erde vulcanische Kräfte thätig sind, oder muthmaßlich in früherer Zeit thätig waren. In der Hunds-

grotte von Neapel, der Dunsthöhle von Pyrmont, am Laacher See und an anderen Orten strömt fortwährend Kohlensäure aus Erdspalten hervor.

b) Bei allen **Verbrennungen** unserer Heizmaterialien, wie dies schon mehrmals erwähnt worden ist. durch Verbrennung;

c) Beim **Athmen** der Menschen und Thiere, was leicht dargethan werden kann, wenn man die aus den Lungen kommende Luft durch eine Glasröhre in Kalkwasser bläst: es entsteht kohlensaurer Kalk, der die helle Flüssigkeit trübe macht. Wir athmen Sauerstoff ein, dieser verbindet sich in unserem Körper mit Kohlenstoff und wird als Kohlensäure wieder ausgeathmet; es muß daher in Räumen, in denen sich viele Menschen aufhalten oder wo viele Lichter brennen, dafür gesorgt werden, daß die verdorbene, d. h. kohlensäurereiche Luft fortgehe und dafür frische, d. h. sauerstoffreiche, hinzutrete. Dies geschieht durch künstlichen Luftzug oder Ventilation. durch's Athmen;

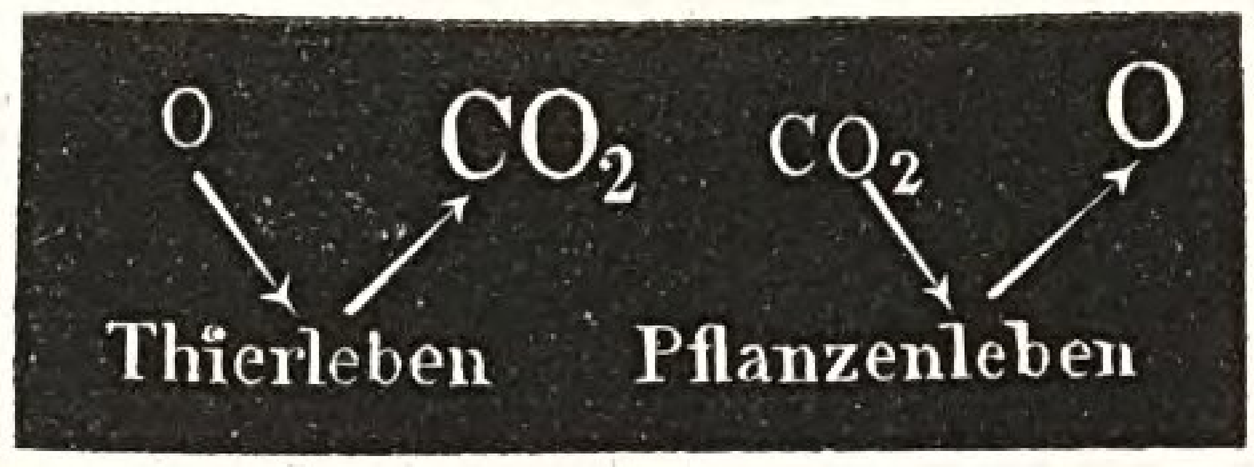
d) Bei der geistigen **Gährung**, z. B. bei der Darstellung von Wein, Bier und Branntwein. Dabei wird der Zucker in Weingeist und Kohlensäure zerlegt; der erstere bleibt in der Flüssigkeit und giebt ihr die bekannte berauschende Kraft, die Kohlensäure dagegen entweicht in die Luft. durch Gährung;

e) Bei der **Verwesung** und **Fäulniß** aller Pflanzen- und Thierstoffe. In allen organischen Körpern ist Kohlenstoff enthalten; dieser verwandelt sich beim Verwesen nach und nach durch den Sauerstoff der Luft in Kohlensäure; es muß daher überall, wo es Thiere und Pflanzen giebt, auf der Erde, im Meere und in der Luft, Kohlensäure gebildet werden. durch Verwesung.

Alle Kohlensäure, die auf so verschiedene Weise entsteht, wird von der atmosphärischen **Luft** aufgenommen. Bliebe sie in dieser, so müßte die Luft allmälig verschlechtert werden, zumal ihr bei den Athmungs-, Verbrennungs- und Verwesungsprocessen überdies freier Sauerstoff oder Lebensluft entzogen wird. Dies ist aber nicht der Fall; der Sauerstoff nimmt nicht ab, die Kohlensäure nicht zu. Eine unergründliche Weisheit hat die Pflanzenwelt zu Hütern des Kreislauf des Sauerstoffs und der Kohlensäure.

thierischen Lebens bestellt und mit staunenswerther Einfachheit die Einrichtung getroffen, daß die Pflanzen die von Menschen und Thieren als unbrauchbar ausgeathmete Kohlensäure, als ihr hauptsächlichstes Nahrungsmittel, aus der Luft einsaugen und dieser dafür Sauerstoff wiedergeben. Die Pflanzen athmen Kohlensäure ein und (im Lichte) Sauerstoff aus.

Fig. 94.




Reagens auf Kohlensäure. Zur Erkennung der Kohlensäure dient Kalkwasser (115.); in festen Körpern schließt man auf Kohlensäure, wenn durch Auftröpfeln von Salzsäure ein (geruchloses) Brausen entsteht.

2) Kohlenoxydgas (CO) ist schon 110. besprochen worden.

## Schwefel und Sauerstoff.

1) Schwefelsäure, Monothionsäure ($SO_3$).

— Schon seit einigen Jahrhunderten bekannt; 1774 von Roebuck mittelst der Bleikammer bereitet. —

Schwefelsäure. 168. Was für den Mechaniker das Eisen ist, das ist für den Chemiker die Schwefelsäure. Wie Jener sich aus dem Eisen nicht nur Maschinen aller Art darstellt, sondern auch Werkzeuge, mit denen er jedes andere Material bearbeiten kann, so hat auch die Schwefelsäure für uns ein doppeltes Interesse. Sie bildet nicht nur mit den Basen sehr wichtige Salze, sondern wir benutzen sie auch als das nützlichste chemische Werkzeug, um durch sie zahllose andere chemische Stoffe und Veränderungen hervorzubringen, wie die Darstellung von Wasserstoff, Phosphor, Chlor, Salpetersäure, Kohlensäure 2c. schon gelehrt hat. Seitdem sie zum Scheuren von Metallgeräthen, zur Bereitung von Feuerzeugen, Stiefelwichse 2c. allgemein gebraucht wird, kennt sie wohl Jedermann als eine scharfe, beizende Flüssigkeit. Wir haben sie bisher vorzugsweise als den Herkules unter den Säuren kennen gelernt, durch den wir alle anderen überwältigen und austrei-

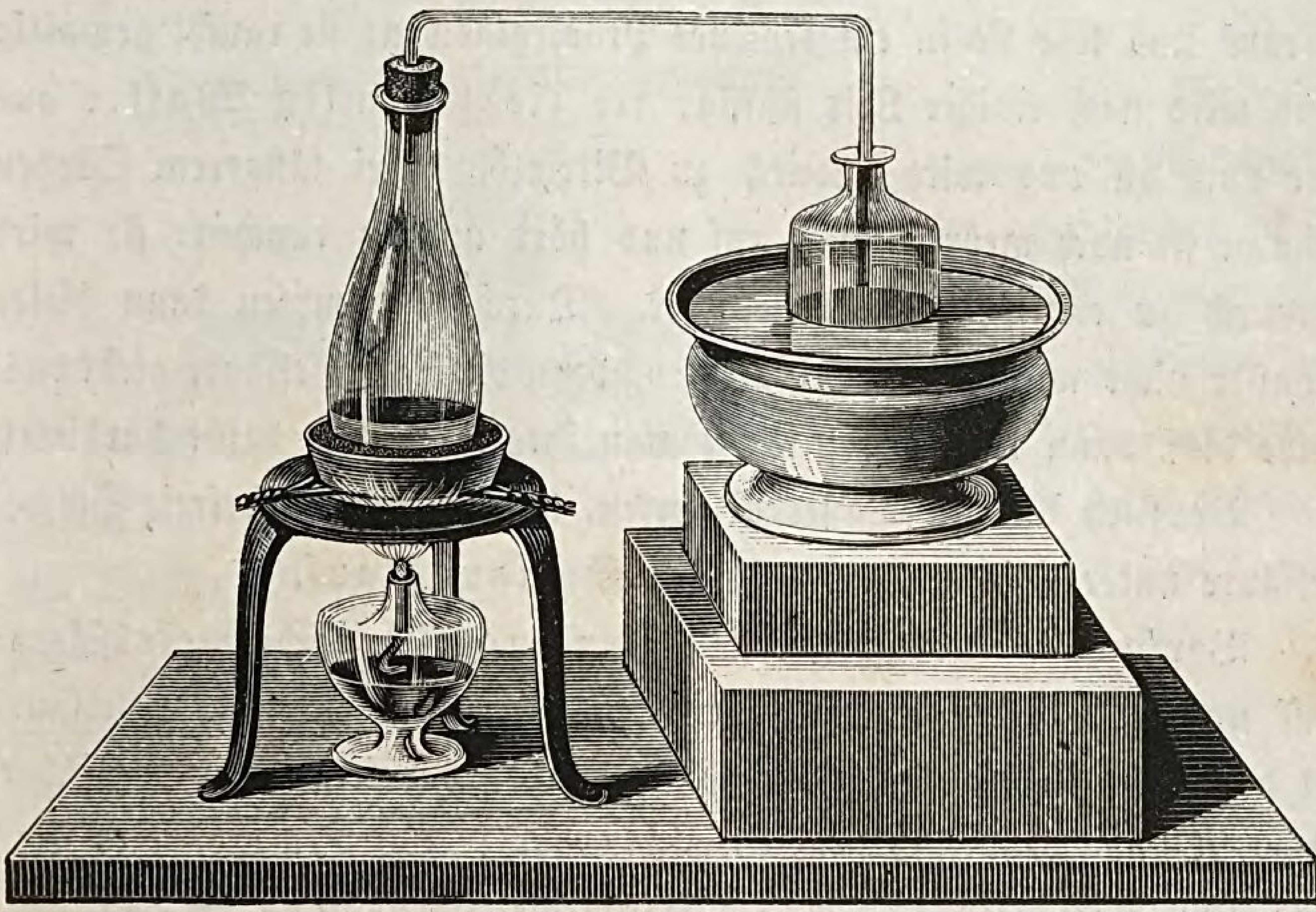
ben konnten. Im Handel kommt sie nur flüssig vor, und zwar in zwei Arten: 1) als eine ölartige, rauchende Flüssigkeit (Vitriolöl oder Nordhäuser Schwefelsäure), und 2) etwas dünner und nicht rauchend (englische Schwefelsäure). Auf folgende Weise kann man sie aber auch fest und trocken darstellen.

169. Wasserfreie Schwefelsäure.

Feste oder wasserfreie Schwefelsäure.

**Versuch.** In ein kleines Kochfläschchen, das in einem Sandbade auf einem Dreifuße steht (s. Fig. 95), bringe man 1 Loth rauchende Schwefelsäure und erhitze sie gelind, bis sie schwach kocht. Den

Fig. 95.



Dampf leite man durch eine weite Glasröhre in ein leeres Fläschchen, das in ein mit ganz kaltem Wasser gefülltes Gefäß gestellt wird. Man kann zur Sommerszeit das Wasser leicht dadurch noch mehr abkühlen, daß man einige Theelöffel gestoßenen Salpeters in dasselbe schüttet. Läßt man den Dampf in die Luft gehen, so erscheint er darin als ein dichter, weißer Rauch von stechend saurem Geruche, in dem Gläschen dagegen wird er zu einer weißen, wie Seide glänzenden, festen Masse verdichtet. Diese ist wasserfreie Schwefelsäure.

Man hört mit der Destillation auf, so wie das Kochen nachläßt und die Glasröhre heißer wird, als man es mit der Hand ertragen kann. Der Rückstand in dem Kochfläschchen raucht jetzt nicht mehr, er ist zu englischer Schwefelsäure geworden. Wollte man diese zum Kochen bringen, so müßte man eine 10mal stärkere Hitze als vorher anwenden; denn sie kocht erst über 300° C., während die wasserfreie schon bei wenig über 30° C. siedet. Dies der Grund, warum das Kochen aufhört, wenn die letztere entwichen ist.

### Versuche mit wasserfreier Schwefelsäure.

Schwefelsäure und Wasser. **Versuch** a. Man nehme mit einem Glasstäbchen etwas Säure heraus und lege sie in ein trocknes Probirgläschen: sie raucht gewaltig und wird nach einiger Zeit flüssig; sie zieht nämlich Wasser aus der Luft an und wird dadurch zu Vitriolöl. Bei längerem Stehen nimmt sie noch mehr Wasser auf und hört auf zu rauchen: sie wird dadurch zu englischer Schwefelsäure. Durch Abdampfen kann dieses Wasser nicht wieder entfernt werden, denn die Schwefelsäure giebt dasselbe bloß dann wieder ab, wenn man ihr eine Basis dafür darbietet.

**Versuch** b. In Wasser geworfen, löst sich die wasserfreie Schwefelsäure unter Zischen und heftiger Erhitzung auf.

**Versuch** c. Ebenso löst sie sich in englischer Schwefelsäure auf und diese wird dadurch rauchend. Die rauchende Schwefelsäure ist demnach eine Auflösung von wasserfreier Schwefelsäure in englischer. Ihre Bestandtheile sind dem Gewichte nach: 200 Schwefel (1 At.) und 300 Sauerstoff (3 At.). Daher die Bezeichnung $= SO_3$.

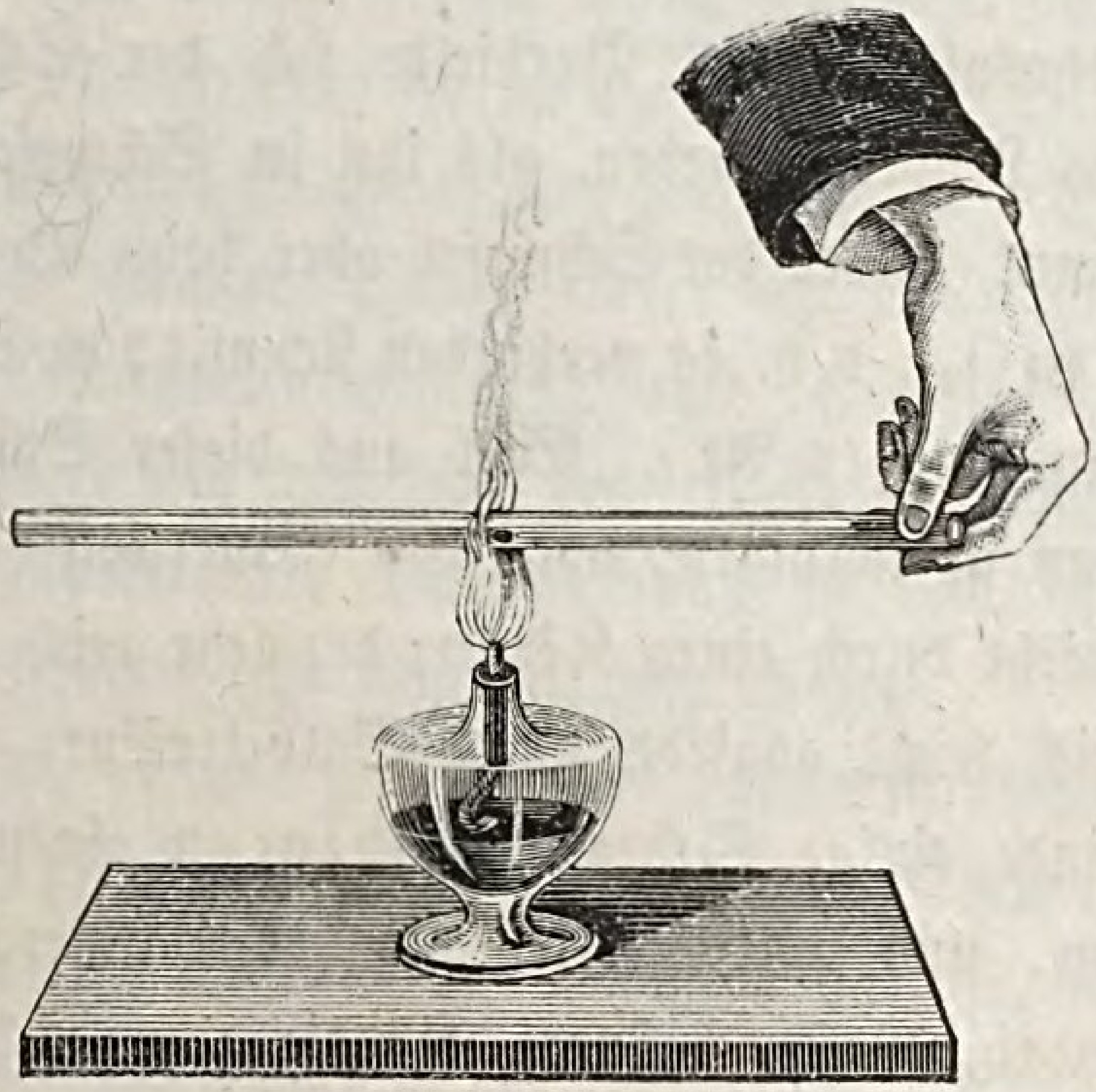
### 170. Rauchende Schwefelsäure (Vitriolöl).

Vitriolöl. Diese wird erhalten durch Destillation von Eisenvitriol, der bekanntlich aus Schwefelsäure und Eisenorydul besteht (89.).

**Versuch.** Man lege ein Stückchen Eisenvitriol in eine Glasröhre und erhitze es: der grüne Krystall wird unter Entweichung von Wasserdämpfen weiß (wasserfrei). Bei weiterem Erhitzen geht das Weiß in Rothbraun über und es entwickelt sich ein wenig schwe-

flige Säure; ein Theil der Schwefelsäure giebt nämlich 1 At. Sauerstoff an das Eisenoxydul ab und macht dies zu Oxyd, während der andere Theil bei dem Eisenoxyd bleibt. Wird dieses basisch-schwefelsaure Eisenoxyd heftig und anhaltend geglüht, so läßt das Eisenoxyd die Schwefelsäure los und diese entweicht, und zwar wasserfrei, weil sie kein Wasser mehr vorfindet. Im Großen wendet man dazu Thonretorten an und leitet den Dampf in englische Schwefelsäure, die sich dadurch in rauchende umwandelt. Weil diese dickflüssig wie Oel ist und aus Eisenvitriol dargestellt wird, so gab man ihr den Namen Vitriolöl (oder Oleum); den Namen Nordhäuser Schwefelsäure aber erhielt sie, weil diese Stadt Jahrhunderte lang ganz Deutschland mit dieser Säure versorgte. Das Vitriolöl hat ein specifisches Gewicht von 1,9, und enthält in 1 Pfunde ungefähr 4 — 5 Loth Wasser. Vitriolöl.

Fig. 96.



Kommt das Vitriolöl an die Luft, so verdampft die darin enthaltene, leichtflüchtige wasserfreie Säure und vereinigt sich mit dem in der Luft enthaltenen Wasserdunste; es entsteht sonach englische Schwefelsäure, die sich, weil sie 10mal schwerer flüchtig ist, in der kalten Luft zu weißen Dämpfen verdichtet, gerade so, wie wir's beim Wasserdampfe sehen, wenn er in kalte Luft strömt. Der Rauch des Vitriolöls besteht also aus Dämpfen von englischer Schwefelsäure. Rauchen des Vitriolöls.

So lange man die Schwefelsäure nur aus Eisenvitriol zu bereiten verstand, war sie sehr theuer. Für den Preis, den man früher für ein Paar Pfund bezahlte, erhält man jetzt einen ganzen Centner

Diese Wohlfeilheit erlangte sie erst, als man in England vor 100 Jahren eine andere ungleich billigere Bereitungsmethode dieser Säure auffand, nämlich aus dem Schwefel selbst.

Engl. Schwefelsäure, $HO, SO_3$.

## 171. Englische Schwefelsäure ($HO, SO_3$)

Kohle und Phosphor nehmen, wenn sie verbrennen, die größte Menge von Sauerstoff auf, mit der sie verbindbar sind, und man erhält Kohlensäure und Phosphorsäure. Verhielte sich der Schwefel ebenso, so könnte es nichts Leichteres geben, als ihn in Schwefelsäure umzuwandeln. Wie bekannt, bildet der Schwefel aber beim Verbrennen nur schweflige Säure ($SO_2$), d. h. es verbinden sich mit 200 Schwefel (1 At.) nur 200 Sauerstoff (2 At.). Soll aus dieser Schwefelsäure werden, so muß man sie nöthigen, noch 100 Sauerstoff (1 At.) aufzunehmen. Dies geschieht durch einen Körper, der sehr reich ist an Sauerstoff und ihn zugleich leicht abgiebt, durch Salpetersäure.

Bildung von Schwefelsäure aus Schwefel.

**Versuch.** Man binde einige Schwefelfäden an einen eisernen Draht, zünde sie an, und halte sie so lange in eine geräumige Flasche, in der sich ein wenig Wasser befindet, bis die blaue Schwefelflamme ausgelöscht ist: die Flasche füllt sich mit einem weißen Rauche, den man an seinem Geruche leicht als schweflige Säure erkennt (64.). Taucht man nun einen mit starker Salpetersäure befeuchteten Holzspahn in das Gefäß, so bilden sich sofort um den Holzspahn herum rothgelbe Dämpfe, die nach und nach den ganzen Raum ausfüllen. Diese Dämpfe sind salpetrige Säure. Das Entstehen derselben zeigt uns an, daß die schweflige Säure der Salpetersäure Sauerstoff entzieht und dadurch zu Schwefelsäure oxydirt wird. Nach einiger Zeit hellt sich die Flasche wieder auf, weil sich der Dampf der gebildeten Schwefelsäure zu Boden senkt und in dem Wasser auflöst, und man

Fig. 97



kann nun abermals Schwefel darin verbrennen. Wiederholt man diese Operation abwechselnd mehre Male, so kann man sich in kurzer Zeit einige Lothe von verdünnter Schwefelsäure bereiten.

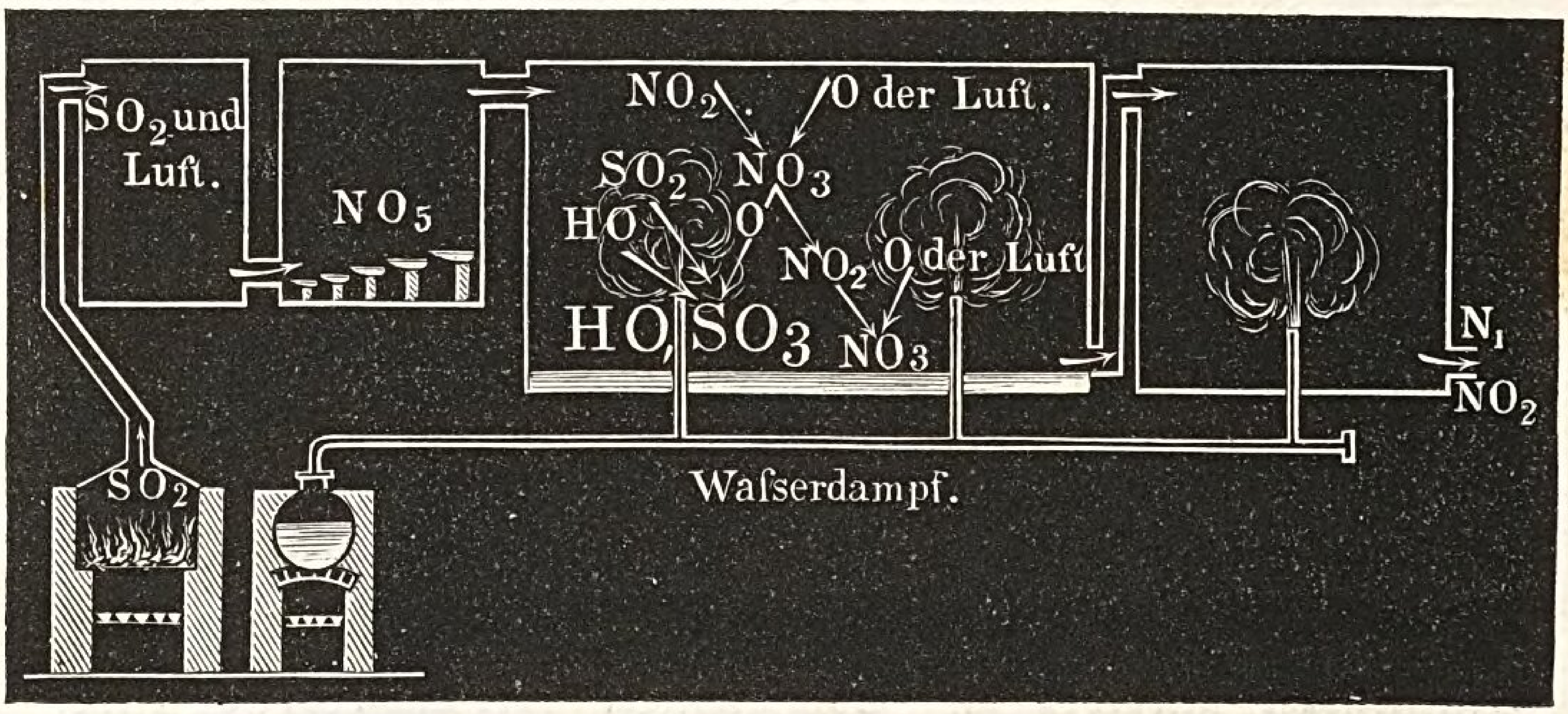
**Versuch.** Zu einem Theile der gewonnenen sauren Flüssigkeit wird eine Auflösung von salzsaurem Baryt (Chlorbarium) getröpfelt: es entsteht eine starke Trübung, die weder durch Kochen oder durch Zusatz von Wasser, noch durch Salpetersäure verschwindet. Der gebildete Niederschlag ist schwefelsaurer Baryt, ein Salz, welches in Wasser und Säuren ganz unlöslich ist. Man tröpfle einen Tropfen von der dünnen Säure unter ein Weinglas voll Wasser und füge wieder Barytlösung hinzu; auch bei dieser außerordentlichen Verdünnung wird sich noch eine bemerkbare Trübung zeigen. Salzsaure oder auch salpetersaure Baryt-Lösung ist das empfindlichste Reagens auf Schwefelsäure und schwefelsaure Salze. Reagens auf Schwefelsäure.

172. Aehnlich wie bei dem vorletzten Versuche verfährt man auch bei der Darstellung der englischen Schwefelsäure im Großen. Man verbrennt den Schwefel (oder auch Schwefelkies) in einem Ofen, von dem ein Abzugsrohr in große, aus Bleiplatten erbaute Häuser oder Kammern führt. In einer der Kammern sind Schüsseln mit Salpetersäure aufgestellt, auf den Boden der Kammern aber wird etwas Wasser gegossen. Die schweflige Säure entzieht der Salpetersäure ein Atom Sauerstoff nach dem anderen, bis aus dieser Stickstoffoxyd geworden ist. Das gebildete Stickstoffoxyd wirkt nun auf eine ganz eigenthümliche Weise. Aus 162. ist bekannt, daß dieses Gas ($NO_2$), wenn es an die Luft kommt, sofort 1 Atom Sauerstoff aufnimmt und dabei gelbrothe Dämpfe von salpetriger Säure ($NO_3$) bildet; dasselbe geschieht auch in den Bleikammern, da mit der schwefligen Säure auch Luft in die Kammern strömt. Die salpetrige Säure giebt aber dieses eine Atom Sauerstoff gern wieder an Körper ab, die Verlangen danach haben. Ein solcher Körper ist die schweflige Säure. Obwohl diese zu träge ist, sich den Sauerstoff direct aus der Luft zu holen, so nimmt sie ihn doch gern auf, wenn er ihr von der salpetrigen Säure dargeboten wird. Letztere wird da- Darstellung der Schwefelsäure in Fabriken.

Darstellung der Schwefelsäure in Fabriken.

durch wieder zu Stickstoffoxyd, erstere aber zu Schwefelsäure. Das Stickstoffoxyd nimmt abermals Sauerstoff aus der Luft, und giebt ihn abermals an die schweflige Säure, und diese Botendienste verrichtet es so lange, als noch Sauerstoff vorhanden ist. Zuletzt läßt man es, sammt dem übriggebliebenen Stickstoff der Luft, entweichen. Soll aber dieser Proceß in der angedeuteten Weise vor sich gehen, so muß auch Wasserdampf zugegen sein; man läßt daher aus einem Dampfkessel ununterbrochen heiße Dämpfe in die Kammern strömen. An den kalten Wänden verdichten sich diese, gemeinschaftlich mit der gebildeten Schwefelsäure, und sammeln sich auf dem Boden der Kammern als eine saure Flüssigkeit an. Die beistehende Skizze (Fig. 98) wird diesen Vorgang näher erläutern.

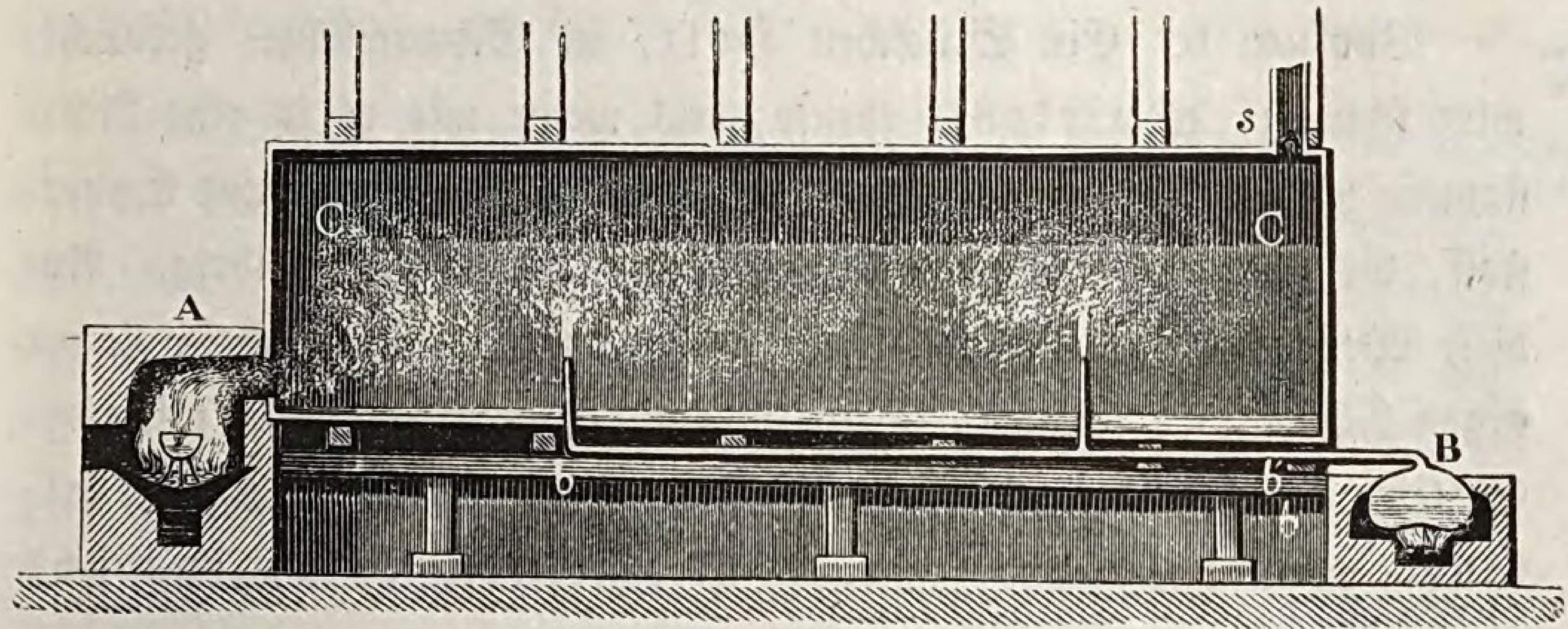
Fig. 98.




Durch das angeführte merkwürdige Verhalten des Stickstoffoxydes ist es möglich geworden, mit einem Loth Salpetersäure aus 10 Loth Schwefel 30 Loth starke englische Schwefelsäure zu gewinnen. Wirkten nur die frei gewordenen 3 Atome Sauerstoff der Salpetersäure, so würde man mehr als 20 Loth Salpetersäure brauchen, um 30 Loth Schwefelsäure darzustellen. Man hat jetzt Schwefelsäurefabriken von so kolossaler Größe, daß sie täglich einige hundert Centner fertiger Säure liefern können. Eine andere, hie und da noch übliche, einfache Einrichtung der Bleikammer erhellt aus Fig. 99. Sie unterscheidet sich von der vorigen dadurch, daß man statt fertiger Sal-

petersäure Salpeter (gewöhnlich Chilisalpeter) und Schwefelsäure anwendet, die man auf einem Dreifuße in den brennenden Schwefel des Ofens *A* stellt. Die aus dem Salpeter entwickelte Salpetersäure Darstellung der Schwefelsäure in Fabriken.

Fig. 99.




tritt hier gemeinschaftlich mit der schwefligen Säure in die Kammer *C*, während aus *B* durch die Röhren *bb* zugleich Wasserdampf in selbige einströmt und die unbrauchbaren Luftarten bei *s* entweichen können.

Die aus den Bleikammern abgelassene dünne Säure muß noch ziemlich bis auf die Hälfte eingedampft werden, um sie in starke oder concentrirte Schwefelsäure zu verwandeln. Dies geschieht anfangs in Bleikesseln, zuletzt in Glas- oder Platingefäßen. Das leichter flüchtige Wasser entweicht und nimmt nur wenig Säure mit fort. Wenn das specifische Gewicht der letzteren bis auf 1,84 gestiegen ist, d. h. wenn in ein Tausendgrangläschen 1840 Gran von der Säure hineingehen, so hört man mit dem Abdampfen auf und füllt sie in große Glasballons. In 1 Pfund der englischen Schwefelsäure sind zwar noch 6 Loth Wasser, oder auf 1 Atom Säure 1 Atom Wasser enthalten, diese werden aber von ihr so fest gehalten, daß sie durch Erhitzen nicht verjagt werden können. Man nennt sie aus diesem Grunde auch Schwefelsäurehydrat = $HO, SO_3$.

173. Versuche mit Schwefelsäure.

Versuch a. Man lasse etwas Schwefelsäure in einem offenen Gläschen an der Luft stehen: sie wird sich mit jedem Tage vermehren, denn sie zieht sehr begierig Wasser aus der Luft an. Schwefelsäure an der Luft.

Schwefelsäure an der Luft. Nach Monate langem Stehen an feuchter Luft kann sie wohl 2—3 mal mehr wiegen als vorher. Hierin ist der Grund zu suchen, warum Zündfläschchen so leicht wässerig werden. Man trocknet oft wasserhaltige Körper, insbesondere Luftarten, durch Schwefelsäure.

Schwefelsäure u. organische Stoffe. Versuch b. Ein Stückchen Holz, in Schwefelsäure getaucht, wird schwarz, es verkohlt ebenso, als wenn wir es in eine Lichtflamme halten. Die Schwefelsäure entzieht ihm Wasserstoff und Sauerstoff, die sie zu Wasser vereinigt, der Kohlenstoff bleibt übrig. Auf diese Weise kann man Bauholz verkohlen, um es in feuchten Lagen gegen Fäulniß zu schützen. Beim Raffiniren des Brennöles wird der Schleim des Oeles durch Schwefelsäure verkohlt. Die Schwefelsäure verkohlt und zerstört die meisten Pflanzen- und Thierstoffe.

Schwefelsäure und Wasser. Versuch c. Man gieße einen Tropfen Vitriolöl auf Papier: die Zersetzung erfolgt langsam; sie geschieht aber augenblicklich, wenn man einige Tropfen Wasser hinzubringt, weil Wasser und Schwefelsäure sich unter starker Erhitzung mit einander vereinigen. Man muß daher, wenn Schwefelsäure auf die Haut kommt, diese zuvor mit einem trockenen Papiere oder Tuche wegwischen und sie dann erst, und zwar gleich mit vielem Wasser abwaschen. Mischt man 50 Maaß Schwefelsäure mit 50 Maaß Wasser, so erhält man nicht 100 Maaß, sondern nur 97 Maaß Flüssigkeit: es entsteht also eine Zusammenziehung oder Verdichtung; wo aber eine Verdichtung eintritt, da bemerken wir immer zugleich ein Freiwerden von Wärme.

Schwefelsäure und Indigo. Versuch d. Man zerreibe ein wenig Indigo zu Pulver und gieße so viel Vitriolöl darauf, daß daraus ein Brei entsteht. Nach einigen Tagen bringt man Wasser hinzu; man erhält dann eine tiefblaue Flüssigkeit, Indigolösung. Mit derselben läßt sich Wolle schön blau färben (Sächsisch-Blau). Englische Schwefelsäure löst den Indigo nur unvollständig auf. Indigo macht hiernach eine Ausnahme: obgleich ein Pflanzenstoff, wird er doch nicht durch die Schwefelsäure verkohlt.

**Versuch e.** Stellt man zur Winterszeit ein Gläschen mit Vitriolöl und ein anderes mit englischer Schwefelsäure an einen kalten Ort so gefriert das stärkere Vitriolöl schon beim Eispunkte, die schwächere englische Schwefelsäure aber bei der Kälte unserer Winter gar nicht (erst bei — 34° C.). Schwefelsäure in der Kälte.

**Versuch f.** Man löse ein Loth Soda in warmem Wasser und setze bis zur Neutralisation verdünnte Schwefelsäure hinzu: nach dem Abdampfen bis zum Salzhäutchen schießen beim Erkalten säulenförmige Krystalle an, die bitterlich salzig schmecken und in Wasser leicht löslich sind. Soda ist kohlensaures Natron ($NaO, CO_2$); die Kohlensäure wird durch die stärkere Schwefelsäure verdrängt und entweicht brausend, in der Flüssigkeit aber bleibt schwefelsaures Natron (Glaubersalz) zurück. Fast in jedem Quellwasser sind kleine Mengen von löslichen schwefelsauren Salzen enthalten; unlösliche oder schwerlösliche finden sich in der Natur oft zu ganzen Bergen angehäuft, z. B Gyps. Schwefelsäure und Basen.

**Versuch g.** 1 Loth Bleiglätte wird mit Wasser zu einem dünnen Brei angerührt und dann nach und nach ½ Loth englischer Schwefelsäure zugesetzt: es bildet sich nach einiger Zeit ein weißer, unlöslicher Körper. Die Säure vereinigt sich mit dem Oxyd zu schwefelsaurem Bleioxyd; dieses ist ein unlösliches Salz. Schwefelsäure und Bleioxyd.

**Versuch h.** 1 Loth Kupferasche, wie sie bei den Kupferschmieden abfällt, wird mit 4 Loth Wasser und dann nach und nach mit 1⅓ Loth Schwefelsäure vermischt und an einen warmen Ort gestellt; man erhält eine blaue Lösung, aus der sich später blaue, schiefe (rhombische) Krystall-Tafeln ausscheiden. Gewöhnlich sind die Kanten dieser Tafeln abgestumpft, wodurch die schmalen Seiten das Ansehen eines Daches erhalten. Kupferasche ist Kupferoxyd; dieses verbindet sich mit der Säure zu schwefelsaurem Kupferoxyd (Kupfervitriol), einem löslichen Salze. Unter dem Namen Vitriol hat man sich immer ein schwefelsaures Metalloxyd zu denken. Beim Scheuern der kupfernen oder eisernen Gefäße mit Wasser, dem etwas Schwefelsäure zugesetzt wird, geschieht dasselbe: die Gefäße werden, weil sich Schwefelsäure und Kupferoxyd.

das Oxyd, welches die Gefäße blind macht, in der Säure löst, schneller blank und rein, als durch das Reinigen mit bloßem Wasser.

Schwefelsäure und Metalle.

**Versuch i.** Man lege einen kleinen eisernen Nagel in ein Probirgläschen und betröpfle ihn mit 20 Tropfen englischer Schwefelsäure: er wird nicht angegriffen. Bringt man aber tropfenweise Wasser hinzu, so entsteht, wenn ungefähr 4—5mal so viel Wasser dabei ist, als Säure, ein lebhaftes Brausen und eine Auflösung des Eisens. Die starke Säure läßt sich in eisernen Kesseln selbst bis zum Kochen erhitzen, keineswegs aber die verdünnte. Daß bei diesem Versuche Wasserstoff entweicht und Eisenvitriol zurückbleibt, ist bekannt (89.). Das Eisen wird zu Oxydul, nicht durch den Sauerstoff der Säure, sondern durch den des Wassers. Ebenso verhalten sich Zink und Zinn. Zur Auflösung solcher Metalle hat man demnach verdünnte Säure anzuwenden. Es giebt aber auch Metalle, die sich nur in starker Säure lösen, z. B. Kupfer, Silber 2c.; davon Näheres bei der schwefligen Säure.

Schwefelsäure düngt.

**Versuch k.** Mengt man 1 Pfd. Schwefelsäure mit 1000 Pfd. Wasser und gießt diese Flüssigkeit auf Wiesen und Felder, so bemerkt man oft eine vermehrte Fruchtbarkeit der letzteren. Diese rührt daher, weil die Schwefelsäure manche Erdarten zersetzt und auflöslich macht, wodurch schwefelsaure Salze entstehen, die von den Pflanzen aufgesogen werden und deren Wachsthum befördern. Eine nur 100fach verdünnte Schwefelsäure bewirkt das Gegentheil, und kann dazu dienen, um Sandgänge 2c. von Gras zu befreien.

## 2) Schweflige Säure (Monothionige Säure) ($SO_2$).

Schweflige Säure; $SO_2$.

174. Dieses stechende Gas bildet sich nicht nur beim Verbrennen des Schwefels, sondern es kann auch aus der Schwefelsäure dargestellt werden, wenn dieser 1 At. Sauerstoff entzogen wird.

Darstellung.

**Versuch.** In ein Kochfläschchen (s. Fig. 95) bringt man 1 Loth Kupferstückchen und 4 Loth englische Schwefelsäure und leitet das entweichende Gas ($SO_2$) in ein mit Wasser gefülltes Vierunzen-

gläschen (wegen der Vorsicht dabei s. 92.); es wird von dem Wasser in großer Menge aufgenommen und ertheilt ihm einen sauren Geschmack und einen stechenden Geruch, dem von brennenden Schwefel gleich. 1 Maaß Wasser kann gegen 40 Maaß schweflige Säure auflösen. Wird das Gas nicht mehr verschluckt, so stellt man ein mit Sodaauflösung gefülltes Fläschchen unter; diese absorbirt das Gas gleichfalls und bildet damit schwefligsaures Natron, während die Kohlensäure der Soda entweicht. Das gebildete Salz schießt nach hinlänglichem Abdampfen in weißen Krystallen an, welche gegenwärtig unter dem Namen Antichlor im Handel vorkommen; sie sind nämlich im Stande, das bei der Chlorbleiche in den Zeugen etwa zurückbleibende Chlor zu binden und unschädlich zu machen. Dieses Salz riecht durchaus nicht nach schwefliger Säure, wohl aber dann, wenn man etwas verdünnte Schwefelsäure darauf gießt, welche sich mit dem Natron verbindet und die schwächere schweflige Säure austreibt.

*Schweflige S. und Wasser.*

*Schweflige S. und Natron.*

Versuch. Man schüttle einige Blauholzspähne mit warmem Wasser und gieße dann zu der erhaltenen dunkeln Flüssigkeit etwas schwefligsaures Wasser: es wird sogleich eine Entfärbung derselben eintreten. Die schweflige Säure bleicht Pflanzenfarben. Stroh, Wolle, Seide und Darmsaiten, also insbesondere thierische Stoffe, werden ganz allgemein mit schwefliger Säure gebleicht, am einfachsten auf die Weise, daß man dieselben, mit Wasser angefeuchtet, in einer Kammer, oder im Kleinen in einem Kasten aufhängt und einen Napf mit brennendem Schwefel auf den Boden dieser Räume stellt. Recht schön kann man die entfärbende Kraft dieser Säure auch wahrnehmen, wenn man eine Rose oder Päonie (Pfingstrose) über einen brennenden Schwefelfaden hält. Gießt man zu der entfärbten Blauholzflüssigkeit einige Tropfen starker Schwefelsäure, so kommt die frühere dunkelrothe Farbe wieder zum Vorschein; der Farbstoff ist also durch die schweflige Säure nicht völlig zerstört worden, wie durch Chlor, sondern er ist mit der letzteren nur zu einer farblosen Verbindung zusammengetreten, die durch eine stärkere Säure wieder aufgehoben wird.

*Schweflige S. bleicht.*

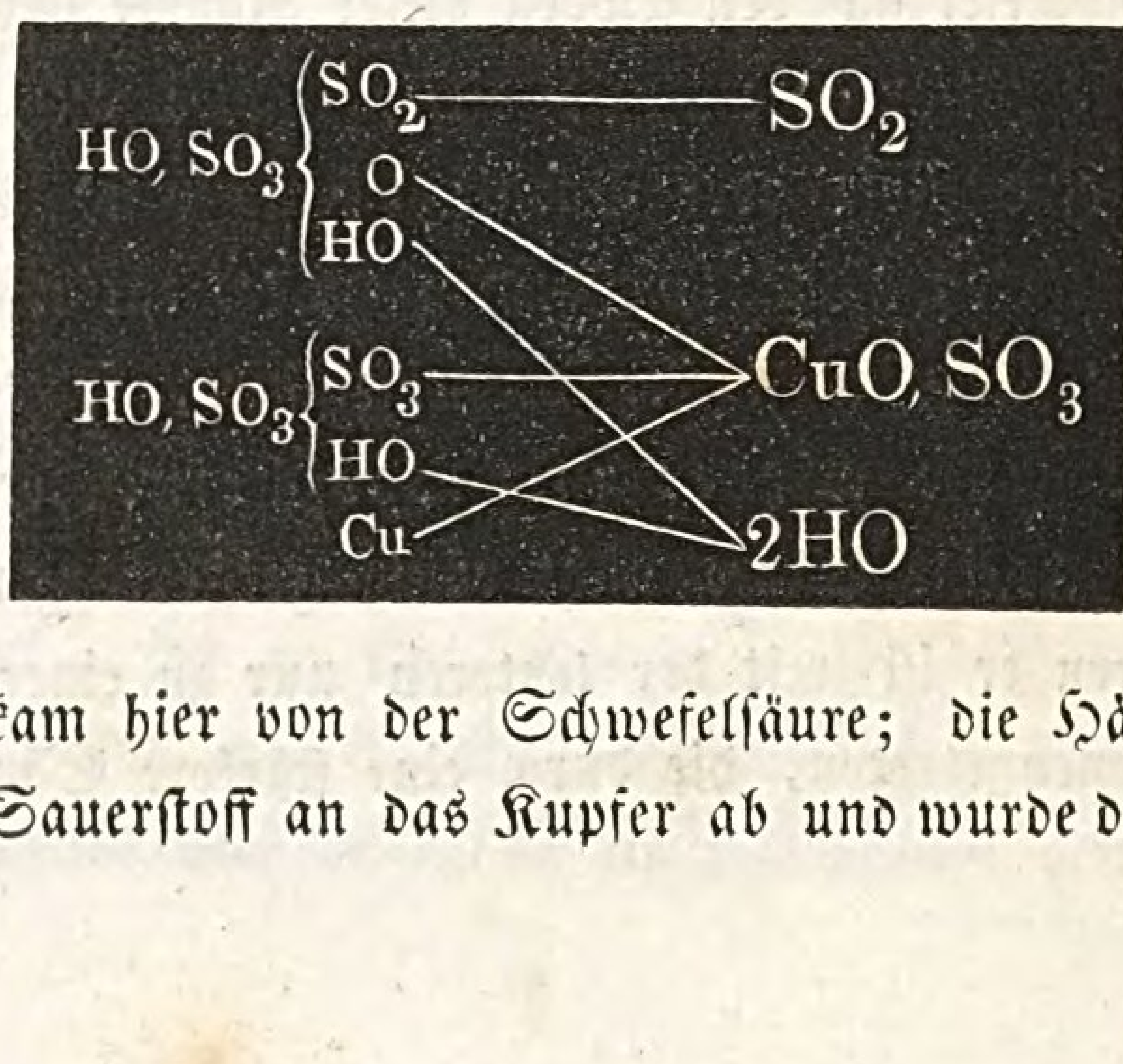
Schweflige S. löscht Feuer aus.

**Versuch.** Hält man einen brennenden Holzspahn über brennenden Schwefel oder in ein Gefäß, in dem sich schwefligsaures Gas befindet, so *verlischt er*, ähnlich wie in Stickstoff oder Kohlensäure. Das Fortbrennen wird in diesen Luftarten verhindert, weil sie keinen freien Sauerstoff enthalten. Das Auslöschen glimmender Schornsteine durch ein Schwefelbund, das man unter demselben anzündet, erklärt sich nun leicht: das schwefligsaure Gas steigt in der Esse empor und verdrängt die darin befindliche atmosphärische Luft; der glimmende Ruß kommt dadurch außer Berührung mit freiem Sauerstoff und muß auslöschen.

Schwefelsäure und Kupferoxyd.

175. Es ist nun noch zu untersuchen, was aus dem Kupfer und der Schwefelsäure geworden ist, woraus man die schweflige Säure darstellte.

**Versuch.** Wenn der Rückstand in dem Kochfläschchen erkaltet ist, so gießt man Wasser hinzu und erhitzt gelind bis zum Kochen, das man so lange unterhält, bis die ganze Salzmasse zergangen ist. Die Flüssigkeit sieht dunkel und trübe aus, weil feine Kohlentheilchen, die fast in jedem Metalle enthalten sind, darin herumschwimmen; sie wird aber schön blau und durchsichtig, wenn man sie filtrirt. Läßt man sie langsam erkalten, so scheiden sich ansehnliche blaue Krystalle von *schwefelsaurem Kupferoxyd* (Kupfervitriol) aus; man erhält also dasselbe Salz, welches durch Auflösen von Kupferasche in Schwefelsäure gewonnen wurde. Der Sauerstoff, durch den das Kupfer sich



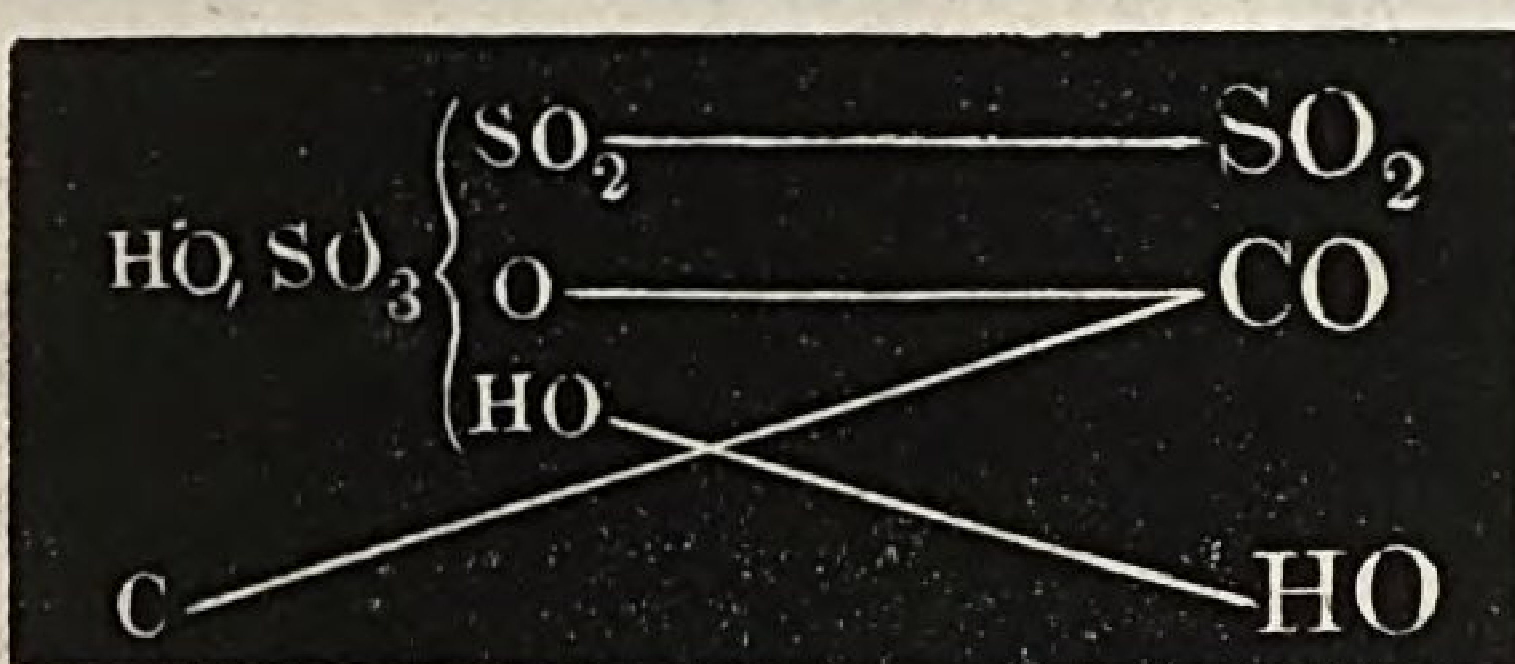

flüchtig.

nicht flüchtig.

oxydirte, kam hier von der Schwefelsäure; die Hälfte derselben gab ein Atom Sauerstoff an das Kupfer ab und wurde dadurch zu schwefli-

ger Säure, die andere Hälfte aber verband sich mit dem entstandenen Kupferoxyd. Könnte das Kupfer, wie das Eisen, durch den Sauerstoff des Wassers oxydirt werden, so würden statt 4 Loth schon 2 Loth Schwefelsäure für 1 Loth Kupfer ausgereicht haben. Um Kupfervitriol zu bereiten, ist es demnach vortheilhafter, das Kupfer zuvor durch Glühen an der Luft in Oxyd zu verwandeln und dann in Schwefelsäure aufzulösen. Dem Kupfer ähnlich verhalten sich von den bekannteren Metallen Silber und Quecksilber. Sollen diese in Schwefelsäure gelöst werden, so wendet man concentrirte Säure an. Schwefelsäure und Kupferoxyd

Braucht man größere Mengen von schwefliger Säure, so stellt man sich dieselbe gewöhnlich durch Erhitzen von Schwefelsäure mit Kohle dar. Die Kohle entzieht der Schwefelsäure gleichfalls 1 Atom Sauerstoff und wird zu Kohlenoxydgas, welches in Gesellschaft der schwefligen Säure entweicht. Schwefelsäure zersetzt durch Kohle.




flüchtig.
flüchtig.

---

In den zwei hier genannten Verbindungen des Schwefels mit dem Sauerstoff findet immer folgendes Mengenverhältniß Statt:

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 200 Lth. Schwefel u. | 300 Lth. Sauerst. od. | 1 Alt. | S u. | 3 Alt. | O | geben $SO_3$, |
| 200 » » | » 200 » » | » 1 » | S » | 2 » | O | » $SO_2$. |

Der Schwefel bildet zwar außerdem mit dem Sauerstoff noch mehre andere saure Verbindungen, die Unterschwefelsäure (Dithionsäure), unterschweflige Säure (dithionige Säure), Trithion-, Tetrathion- und Pentathionsäure heißen; diese müssen jedoch, als weniger wichtig, hier übergangen werden.

## Phosphor und Sauerstoff

1) Phosphorsäure ($PO_5$).

— 1769 von Gahn und Scheele in den Knochen nachgewiesen. —

176. Wenn Phosphor an der Luft oder in Sauerstoff mit Flamme verbrennt, so entsteht ein weißer, saurer Rauch, der Phos- Phosphorsäure; $PO_5$.

Phosphorsäure. $PO_5$. phorsäure heißt (65.). Dabei vereinigen sich immer 387 Gran Phoshor mit 500 Gran Sauerstoff, oder 1 Atom Phosphor mit 5 Atomen Sauerstoff; diese Säure enthält also die Formel $PO_5$. In einem trocknen Glase verdichtet sich dieser Rauch zu einem weißen Pulver (wasserfreie Phosphorsäure), welches an der Luft zerfließt, und im Wasser zergeht; denn die Phosphorsäure ist hygroskopisch und im Wasser leicht löslich. Eine solche Lösung kann man auch erhalten, wenn man Phosphor längere Zeit mit Salpetersäure kocht. Beim Verbrennen giebt die Luft, beim Kochen mit Salpetersäure diese selbst den Sauerstoff her.

Phosphorsäure in Knochen. Wir finden aber auch schon fertige Phosphorsäure in manchen Körpern, insbesondere in den Knochen der Säugethiere und Vögel und können sie daraus darstellen.

Versuch. Man legt einen gewogenen Knochen in ein Ofenfeuer und läßt ihn darin einige Stunden glühen: er wird erst schwarz, dann wieder weiß. Man nimmt ihn jetzt aus dem Feuer und wägt ihn wieder: er ist ungefähr um $\frac{1}{3}$ leichter geworden. Was beim Brennen verloren gegangen, war Knorpel oder Leim, der durch die Hitze erst verkohlte, dann verbrannte, d. h. sich in Luftarten verwandelte, welche sich verflüchtigten; die übrig gebliebenen nicht flüchtigen Theile heißen Knochenerde, oder weißgebrannte Knochen, und bestehen zum größten Theile aus phosphorsaurem Kalk. Man stößt diese nun in einem Mörser zu einem feinen Pulver. $1\frac{1}{2}$ Loth davon werden dann in einem Gläschen mit einer Mischung aus 1 Loth Schwefelsäure und 8 Loth Wasser übergossen, einige Tage lang an einen warmen Ort gestellt und während dieser Zeit öfters umgerührt. Hierauf gießt man die dickliche Masse auf Leinwand und preßt die Flüssigkeit ab; diese enthält nicht mehr Schwefelsäure, sondern (kalkhaltige) Phosphorsäure. Die Schwefelsäure ist in dem weißen Rückstande zu suchen; sie hat sich mit dem Kalk verbunden und die Phosphorsäure ausgetrieben. Der schwefelsaure Kalk oder Gyps (164.) wird mit Wasser ausgewaschen und getrocknet.

Wie man sieht, ist die Schwefelsäure auf nassem Wege stärker als

die Phosphorsäure. In der Glühhitze verhält sich's umgekehrt; wird Gyps mit Phosphorsäure geglüht, so muß die Schwefelsäure ausziehen. So außerordentlich wechseln die Affinitäten bei verschiedener Temperatur. In starker Hitze sind immer diejenigen Säuren am stärksten, welche am schwersten flüchtig werden; zu diesen gehört die Phosphorsäure, denn sie verdampft erst beim Weißglühen. Dampft man die erhaltene Phosphorsäure ein, so erhält man sie (noch etwas kalkhaltig) zuerst als eine syrupartige Flüssigkeit, zuletzt als eine glasartige, feste Masse. Phosphorsäure in Knochen.

Um die Phosphorsäure zu erkennen, versetzt man sie in flüssigem Zustande mit einigen Tropfen Silberlösung und neutralisirt mit Salmiakgeist: es entsteht ein gelber Niederschlag (phosphorsaures Silberoxyd). War die Säure aber vorher geschmolzen oder geglüht, so ist der Niederschlag weiß; durch starke Erhitzung werden also die Eigenschaften der Phosphorsäure zum Theil verändert. Eine genauere Probe besteht darin, der zu prüfenden Flüssigkeit einige Tropfen Bittersalzlösung und überschüssiges Ammoniak zuzusetzen; ist Phosphorsäure zugegen, so bildet sich ein krystallinischer Niederschlag, der durch Zusatz von Salmiak nicht wieder verschwindet (251.). Reagens auf Phosphorsäure.

Ein erwachsener Mensch hat in seinem Körper ungefähr Vorkommen der Phosphorsäure.

9 — 12 Pfund Knochen, darin

6 — 8 Pfund Knochenerde, darin

5 — 7 Pfund phosphorsauren Kalk, darin

2¼ — 3 Pfund Phosphorsäure, darin

1 — 1⅓ Pfund Phosphor.

Phosphorsaure Salze finden sich außerdem auch im Blute, Fleische und in anderen Körpertheilen. Woher nimmt nun unser Körper diesen Phosphor? Antwort: aus dem Fleische und den Pflanzen, die wir genießen. In dem Brod, in allen Getreidearten, in den Hülsenfrüchten und vielen anderen Pflanzen, namentlich im Samen derselben, finden sich phosphorsaure Salze. Wie aber gelangen die Pflanzen zu diesen Salzen? Durch den Erdboden. Enthält ein Ackerland keine solchen Salze, so kann sich kein Same bilden; vermehren wir ihre Menge dadurch, daß wir gemahlene Knochen unter

Vorkommen der Phosphorsäure. die Ackererde mischen, so setzen wir die letztere in den Stand, eine größere Menge von Körnern hervorzubringen. Wir haben also in den Knochen ein kräftiges Düngemittel. Daß auch der in ihnen enthaltene Leim zum Wachsthume beiträgt, wird später zur Sprache kommen.

2) Phosphorige Säure ($PO_3$).

Phosphorige Säure; $PO_3$. 177. Diese Säure, welche auf 1 At. Phosphor nur 3 At. Sauerstoff enthält, bildet sich vorzugsweise, wenn Phosphor langsam verbrennt, d. h. ohne Erhitzung Sauerstoff aus der Luft aufnimmt, wie dies schon bei 140. gezeigt wurde.

3) Eine Verbindung von gleichen Atomen Phosphor und Sauerstoff wird unterphosphorige Säure genannt.

Phosphoroxyd. 4) Phosphoroxyd. Der beim unvollständigen Verbrennen des Phosphors (142., 143.) sich bildende rothe Körper enthält noch weniger Sauerstoff, als die unterphosphorige Säure, und ist Phosphoroxyd (gemengt mit rothem Phosphor, 139.).

In der Phosphorsäure ($PO_5$) sind immer verbunden 387 Loth Phosphor mit 500 Loth Sauerstoff, oder 1 At. P mit 5 At. O, in der phosphorigen Säure ($PO_3$) immer 387 Loth Phosphor mit 300 Loth Sauerstoff, oder 1 At. P mit 3 At. O.

## Chlor und Sauerstoff.

178. Das Chlor hat nur eine schwache Affinität zum Sauerstoff; es kann mit ihm nur auf Umwegen und mit Hülfe starker Basen, die mit den erzeugten Säuren sogleich zu Salzen zusammentreten, verbunden werden.

Unterchlorige Säure; $ClO$. 1) Unterchlorige Säure heißt eine Verbindung von 2 Maaß oder 1 Atom Chlor mit 1 Atom Sauerstoff ($ClO$), welche sich dadurch auszeichnet, daß sie alle Pflanzenfarben zerstört. Sie zerfällt nämlich äußerst leicht in freies Chlor und Sauerstoff. Sie ist das Bleichende in dem bekannten Chlorkalk.

Chlorsäure; $ClO_5$. 2) Chlorsäure hat auf 1 At. Chlor 5 At. Sauerstoff, also die Formel $ClO_5$. Da sie so reich an Sauerstoff ist, und diesen beim

Erhitzen sehr leicht freiläßt, so wendet man ihre Salze oft an, um sich Sauerstoff zu verschaffen, oder um andere Körper mit Sauerstoff zu verbinden (sie zu oxydiren). Das bekannteste Salz dieser Art ist das chlorsaure Kali, welches schon zu mehren der früheren Versuche angewendet wurde. Chlorsäure $ClO_5$.

3) Ueberchlorsäure heißt eine Verbindung von 1 At. Chlor mit 7 At. Sauerstoff.

Brom und Jod verhalten sich ähnlich wie Chlor; sie können zwar mit dem Sauerstoff zu Bromsäure und Jodsäure verbunden werden, diese Säuren werden aber leicht wieder zerlegt. Fluor vereinigt sich gar nicht mit dem Sauerstoff. Brom u. Jod u. Sauerstoff.

## Cyan und Sauerstoff.

179. Das Cyan, welches, obgleich aus zwei Elementen (Kohlenstoff und Stickstoff) zusammengesetzt, sich doch ganz wie ein einfacher Körper, und zwar wie ein Salzbilder verhält, kann mit Sauerstoff mehre Säuren bilden. Von diesen sind zwei in wissenschaftlicher Hinsicht von großem Interesse weil sie bei ganz gleicher Zusammensetzung doch ganz verschiedene Eigenschaften haben. Sie bestehen aus gleichen Atomen Cyan und Sauerstoff. Die eine davon wird Knallsäure ($Cy_2 O_2$) genannt und ist mit Quecksilberoxyd verbunden im Knallquecksilber, mit Silberoxyd verbunden im Knallsilber enthalten. Wie heftig diese Salze durch Stoß oder Druck explodiren, kann man an den bekannten Zündhütchen sehen, durch welche man jetzt allgemein das Pulver der Schießgewehre anzündet. Ein solches Zündhütchen enthält nur 1/3 Gran Knallquecksilber. Die Knallsäure zerfällt beim Explodiren in zwei Luftarten, Stickstoff und Kohlenoxyd, die plötzlich einen mehre tausendmal größeren Raum einnehmen. Die zweite Säure heißt Cyansäure ($Cy O$); sie zerfällt ebenfalls leicht, aber ohne Explosion und Gefahr. Knallsäure; $Cy_2 O_2$ Cyansäure; $Cy O$.

Solche Körper, welche zwar ganz gleiche Bestandtheile, und auch in ganz gleicher Menge enthalten, dabei aber doch in ihren Eigen-

schaften ganz unähnlich sind, werden isomerische (iso — gleich, mer — Bestandtheil) oder gleichzusammengesetzte genannt.

## Bor und Sauerstoff.

### Borsäure oder Borarsäure ($BO_3$).

Borsäure. $BO_3$.

180. **Versuch.** Man löse in einem Porcellanschälchen 1 Loth Borar in 3 Loth kochendem Wasser auf und tröpfle zu der Lösung so lange Salzsäure, bis die Flüssigkeit stark sauer reagirt: bei ruhigem Erkalten setzen sich schuppige Blättchen von Borsäure ab, die man durch nochmaliges Lösen und Krystallisiren reinigt. Im Borar ist die Borsäure mit einer Basis, mit Natron, verbunden; die stärkere Salzsäure bemächtigt sich dieses Natrons und bildet damit salzsaures Natron (oder Chlornatrium und Wasser), welches aufgelöst bleibt, während die schwerer lösliche Borsäure aus der Flüssigkeit herauskrystallisirt In Italien dringen an einigen Orten heiße Wasserdämpfe aus der Erde, welche Borsäure mit sich führen; aus diesen gewinnt man jetzt große Quantitäten dieser Säure, indem man sie in Wasserbassins leitet, wo sie sich, und mit ihnen zugleich die Borsäure, verdichten.

Fig. 100.

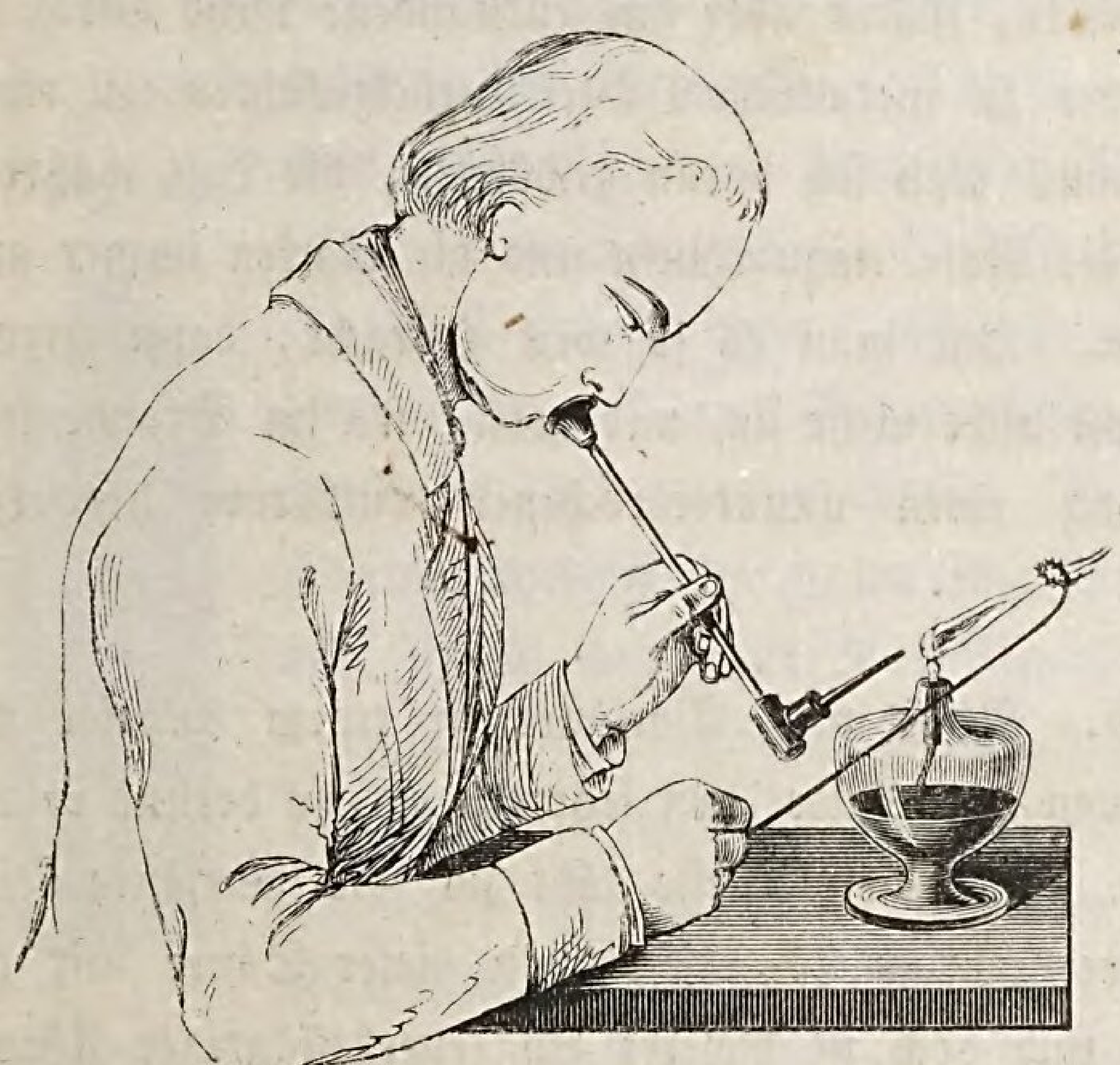


Borsäure schmilzt zu Glas

**Versuch.** Man biegt einen fingerlangen dünnen Platindraht an dem einen Ende so um, daß er daselbst einen Haken oder ein Oehr bildet, befeuchtet ihn an dieser Stelle mit der Zunge und taucht ihn in Borsäure, damit einige kleine Krystalle daran hängen bleiben. Bläst man jetzt mit einem Löthrohre in die Flamme eines Lichtes und hält die Borsäure so in den seitwärts abgelenkten Flammenkegel, daß sie von der Spitze des letzteren getroffen wird, so schmilzt sie zuerst unter Aufblähen in ihrem Krystallwasser zu einer schwammigen

Masse, dann in der Glühhitze zum zweiten Male zu einer durchsichtigen Glasperle. Ein Verdampfen findet dabei nicht Statt, denn die Borsäure gehört zu den feuerbeständigen Körpern. Wird die angefeuchtete Glasperle mit Kreide, Bleiglätte oder Eisenrost bestäubt und abermals bis zum Schmelzen erhitzt, so vereinigen sich diese Körper auf's Innigste mit der Borsäure und werden von ihr aufgelöst und gleichfalls verglast. Die meisten Verbindungen der Borsäure mit Basen werden in der Hitze glasartig-amorph, d. h. sie schmelzen zu einem bald weißen, bald gefärbten Glase zusammen. Borsäure schmilzt zu Glas.

Fig. 101.



181. Das Löthrohr ist ein vortreffliches Instrument, um Körper im Kleinen zu verflüchtigen, zu glühen, zu schmelzen, zu oxydiren oder zu reduciren. In der Löthrohrflamme findet ein doppeltes Verbrennen Statt: im Innern durch die Luft, welche man in dieselbe bläst, und außerhalb durch die äußere atmosphärische Luft. Hiedurch entstehen zwei Lichtkegel, ein kleiner innerer von blauer Farbe, und ein großer äußerer von gelblichem Ansehen; den ersteren nennt man die Reductionsflamme, den letzteren die Oxydationsflamme. Will man von einem Körper, z. B. von einem Oxyde, Sauerstoff wegnehmen, so hält man ihn an die Spitze der blauen, inneren Flamme; in dieser ist noch Ruß oder Kohlenstoff, welcher sich mit dem Sauerstoff des Oxydes zu Kohlensäure verbindet. Soll dagegen einem Körper Sauerstoff zugeführt werden, so hält man ihn an die Spitze der Löthrohr

Löthrohr. äußeren Flamme, wo der Sauerstoff der Luft ungehindert zu ihm treten kann. Um sich im Löthrohrblasen zu üben, legt man ein Stückchen Blei auf eine Kohle und sucht es zuerst durch die äußere Flamme in Oxyd zu verwandeln, später aber das entstandene Oxyd durch die innere Flamme wieder zu metallischem Blei zurückzuführen (zu reduciren). Uebrigens muß man sich daran gewöhnen, die Luft während des Blasens durch die Nase einzuathmen und die Backen immer aufgeblasen zu erhalten. Hat man es so weit gebracht, dann strengt das Blasen die Brust nicht mehr an, und man wird im Stande sein, längere Zeit hindurch einen ununterbrochenen Luftstrom hervorzubringen

Verdunstung der Borsäure. 182 **Versuch.** Reibt man Borsäure in einem Mörser mit Weingeist zusammen und zündet den letzteren an, so brennt er mit grüner Flamme. Auf diese Weise läßt sich die Borsäure leicht erkennen Hiebei verflüchtigt sich etwas von dieser Säure mit den Weingeistdämpfen; und doch ist dieselbe ein feuerbeständiger Körper, wie wir bei dem vorigen Versuche gesehen haben. Einen ähnlichen Widerspruch findet man auch bei anderen Körpern: sie sind für sich allein geglüht vollkommen unflüchtig, sie verdampfen aber doch, und oft schon bei sehr niedrigen Temperaturen, wenn sie sich in Gesellschaft eines anderen Körpers befinden welcher leicht flüchtig ist. In dem vorliegenden Falle ist also der Weingeistdampf die Ursache der Verflüchtigung der Borsäure. Heißer Wasserdampf kann ebenfalls große Mengen von feuerbeständiger Kieselsäure flüchtig machen und mit sich fortführen. Mit den Wasserdämpfen z. B., die vom Meere in die Luft steigen, verflüchtigt sich fortwährend Kochsalz, welches mit dem Regenwasser wieder niedergeschlagen und auf diese Weise über die ganze Erde verbreitet wird.

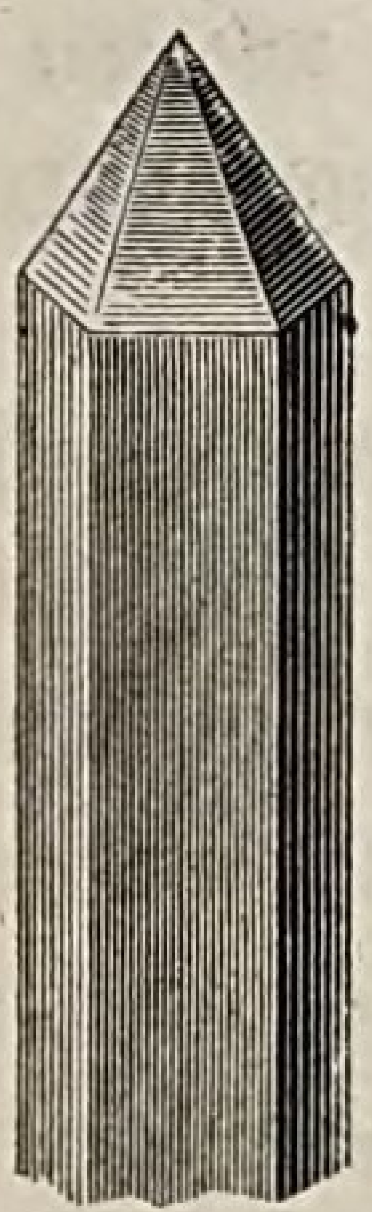
Die Borsäure ist, wie die Phosphorsäure, auf nassem Wege eine sehr schwache Säure, in der Glühhitze dagegen eine der stärksten.

183

## Kiesel und Sauerstoff
## Kieselsäure oder Kieselerde ($SiO_3$).

183. Was wir im gewöhnlichen Leben Kieselstein oder Kieselerde nennen, heißt in der Chemie Kieselsäure. Im Quarz, Sandstein, Bimsstein und Feuerstein finden wir sie ziemlich rein, in dem Bergkrystall oft schön krystallisirt, in 6seitigen Säulen oder 6flächigen Pyramiden, und so durchsichtig, daß man Schmucksteine, sogenannte böhmische Diamanten, daraus schleift. Der rothe Carneol, der violette Amethyst, der grüne Chrysopras, der bunte Achat und Jaspis, der braune Rauchtopas, der Opal und Chalcedon, diese bekannten Edelsteine, bestehen gleichfalls aus Kieselerde; die Farben derselben rühren meistens von beigemengten Metalloxyden her. Der gewöhnliche Sand ist durch Eisenoxydhydrat (Rost) gelb oder braun gefärbte Kieselerde. In diesem natürlichen Zustande ist die Kieselerde so hart, daß sie mit dem Stahl Funken giebt, und ganz unlöslich in Wasser und Säuren (außer in Flußsäure). Es mag vielleicht Manchem sonderbar scheinen, daß man Körper, wie unseren gewöhnlichen Streusand oder unsere Kieselsteine, zu den Säuren rechnet. Der Grund, warum dies geschieht, ist lediglich in dem Verhalten derselben gegen Basen zu suchen; mit diesen kann sich nämlich die Kieselerde zu Salzen verbinden, ganz so, wie es die anderen Säuren thun. Kieselsäure; $SiO_3$.

Fig. 102.



Versuch. Man koche in einem Porcellanschälchen 1 Quentchen fein gemahlenen Sand und zwei Quentchen Aetzkali mit 2 Loth Wasser einige Stunden, indem man das durch die Verdampfung fortgehende Wasser von Zeit zu Zeit ersetzt; dann lasse man die Mischung in einem verstopften Gläschen durch Absetzen sich klären. Ein Theil des Sandes hat sich in der Kalilauge gelöst und bildet mit derselben eine dickliche, molkige (opalisirende) Flüssigkeit. Setzt man zu derselben Salzsäure, so entsteht ein dicker, kleisterartiger Niederschlag von Kieselsäure; verdünnt man dagegen die Flüssigkeit vorher mit 10—12 Kieselsäure und Kali.

Kieselsäure und Kali. mal so viel Wasser und nimmt dann erst das Kali durch Salzsäure hinweg, so bleibt dieselbe klar und die Kieselsäure im Wasser gelöst. Diese Löslichkeit verliert sich aber, so wie die Lösung bis zur Trockne verdampft wird, und die Kieselsäure stellt dann ein weißes Pulver dar, von dem das Wasser nichts mehr auflöst. Wie man sieht, kann also die Kieselsäure in zwei ganz von einander verschiedenen, isomerischen Modificationen auftreten: einmal unlöslich, wie wir sie in den verschiedenen kieselhaltigen Steinen antreffen; dann löslich, wie wir sie in dem Wasser und den Pflanzen finden.

Kieselsäure in Quellen und Pflanzen. Fast alle unsere Quellen, wie alle unsere Pflanzen, enthalten kleine Quantitäten von Kieselsäure. Dampfen wir ein Quellwasser ab, so finden wir sie in dem unlöslichen Rückstande; verbrennen wir eine Pflanze, so behalten wir sie in der Asche. Insbesondere reich daran sind die Gräser und Getreidearten, die man aus diesem Grunde auch Kieselpflanzen nennt. Für diese Pflanzen ist die Kieselerde das, was für den Menschen die Knochen sind: der Stoff, dem der Halm seinen Halt, seine Steifigkeit verdankt. Findet sich in dem Boden nicht genug auflösliche Kieselsäure (oder nicht genug Kali, welches die Kieselsäure löslich macht), so fehlen dem Halme diese Eigenschaften, und er legt sich um. In dem Schachtelhalm ist so viel Kieselerde, daß man ihn zum Glattschleifen von Holz anwenden kann; ebenso in dem bekannten Scheuerkraut, welches man auf dem Lande allgemein zum Putzen von Glas und Metall anwendet. Selbst im Thierreiche treffen wir Kieselsäure an, namentlich in der Region der kleinen Thiere, die man nur durch das Vergrößerungsglas erkennen kann; die Gehäuse vieler Insuforien sind aus Kieselsäure gebildet.

Vollkommener können wir die Verbindung der Kieselsäure mit den Basen durch Schmelzung hervorbringen. Die meisten der so erhaltenen kieselsauren Salze sind amorph; wir nennen sie Gläser. Die Kieselsäure hat in dieser Hinsicht die größte Aehnlichkeit mit der Borsäure, der sie auch darin gleicht, daß sie, obgleich auf nassem Wege eine überaus schwache Säure, in der Hitze doch, ihrer Feuerbeständigkeit wegen, alle anderen Säuren an Stärke übertrifft. Für

sich allein kann die Kieselsäure nur durch die Hitze des Knallgasgebläses zum Fluß gebracht werden.

## Rückblick auf die Sauerstoffsäuren.

1) Die meisten Verbindungen der Metalloide oder Nichtmetalle mit Sauerstoff sind Säuren (saure Oxyde).

2) Die meisten Verbindungen der Metalle mit Sauerstoff sind Basen (basische Oxyde).

3) Die Säuren röthen das blaue Probirpapier, die Basen bläuen das rothe (wenn sie löslich sind).

4) Die Säuren haben einen sauren Geschmack, die Basen einen laugenhaften oder basischen (wenn sie löslich sind).

5) Wenn Säuren und Basen sich mit einander verbinden, so verschwinden sowohl die sauren als die basischen Eigenschaften (Neutralisation) und es entstehen neue Körper, Salze; diese schmecken salzig, wenn sie im Wasser löslich sind, dagegen haben sie gar keinen Geschmack, wenn sie sich im Wasser nicht lösen können.

6) Das Hauptkennzeichen der Säuren ist: daß sie sich mit Basen zu Salzen verbinden; wir rechnen daher alle Körper zu den Säuren, welche dies vermögen, selbst wenn sie nicht sauer schmecken und nicht sauer reagiren. Dasselbe gilt auch von den Basen.

7) Die meisten Säuren sind in dem Zustande, worin man sie gewöhnlich erhält und anwendet, mit einer bestimmten Menge Wasser chemisch verbunden (Hydrate). Manche Säuren können ohne Wasser gar nicht bestehen (Constitutionswasser). Durch beliebige Zumischung von noch mehr Wasser erhalten wir die verdünnten Säuren.

8) Ein und dasselbe Element kann oft mit ungleichen, aber immer fest bestimmten Mengen von Sauerstoff mehre Säuren bilden.

9) Die Säuren haben eine verschiedene Affinität zu den Basen: manche eine größere, z. B. Schwefelsäure, andere eine geringere, z. B. Kohlensäure; die ersteren nennt man nach dem gewöhnlichen Sprachgebrauche starke, die letzteren schwache Säuren. Schwache

Säuren können durch stärkere aus ihren Verbindungen ausgetrieben werden.

10) Die nichtflüchtigen Säuren sind meistens in der Hitze (auf trocknem Wege) stärker, bei gewöhnlicher Temperatur (auf nassem Wege) aber schwächer als die flüchtigen Säuren. Die Stärke der Affinität ändert sich also mit der Temperatur.

11) Die bisher betrachteten Säuren werden im engeren Sinne Sauerstoffsäuren genannt, weil sie sämmtlich Sauerstoff enthalten und durch diesen ihre sauren Eigenschaften bekommen.

12) Die Verbindungen der Sauerstoffsäuren mit Basen heißen im engeren Sinne Sauerstoffsalze

---

## Zweite Gruppe: Wasserstoffsäuren,

oder

## Verbindungen der Halogene mit Wasserstoff.

Halogene und Wasserstoff. 184. Wie der Sauerstoff sich mit den Nichtmetallen zu Säuren verbindet, so kann auch der Wasserstoff einige derselben in Säuren umwandeln, aber nicht alle. Nur die 5 Halogene: Chlor, Brom, Jod, Fluor und Cyan, werden auch durch den Wasserstoff gesäuert. Der Sauerstoff war im Stande, mit einem und demselben Nichtmetalle mehre Säuren zu bilden, mit dem Schwefel z. B. Schwefelsäure und schweflige Säure, mit dem Stickstoff Salpetersäure, salpetrige Säure ꝛc.; der Wasserstoff bringt mit jedem der genannten Haloide nur eine einzige Säure hervor, er verbindet sich mit ihnen nur in einem einzigen Verhältnisse.

### Chlor und Wasserstoff, Salzsäure (HCl).

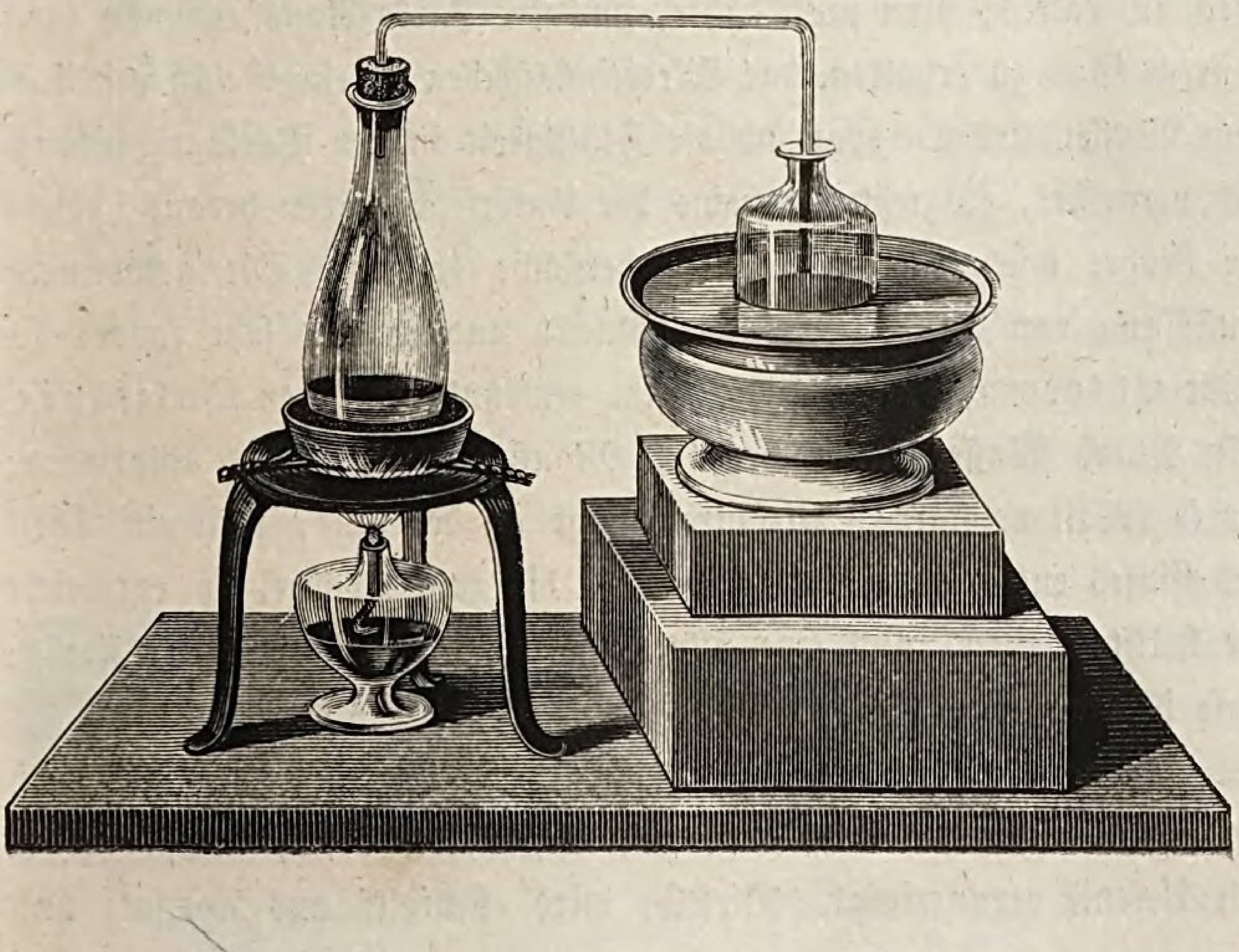
— Lange bekannt; 1772 von Priestley als eigenthümliches Gas unterschieden; Bestandtheile 1810 von Davy nachgewiesen. —

Salzsäure. HCl. 185. **Versuch.** In eine Porcellantasse schütte man eine Messerspitze voll Kochsalz und gieße etwas Schwefelsäure darauf:

es entweicht unter Brausen eine Luftart, die stechend riecht, sauer schmeckt und angefeuchtetes blaues Probirpapier roth färbt; diese Luftart heißt salzsaures oder Chlorwasserstoffgas. Gießt man etwas Salmiakgeist auf einen Holzspahn und fährt mit diesem über dem Schälchen hin und her, so entsteht ein dicker, weißer Nebel, und der Geruch, sowohl der saure des salzsauren Gases, als der heftige des Salmiakgeistes, verschwindet. Die sauren Dämpfe werden durch die in dem Salmiakgeist enthaltene flüchtige Basis neutralisirt; es bildet sich ein geruchloses Salz (salzsaures Ammoniak), und zwar in so feiner Zertheilung, daß es in der Luft schwimmt. Man kann auf diese Weise leicht erkennen, ob eine Luft Salzsäure oder, wenn man umgekehrt verfährt, Ammoniak enthält, wie zugleich diese Dämpfe, die für das Athmen beschwerlich und der Gesundheit nachtheilig sind, unschädlich machen und aus der Luft entfernen. Salzsäure; H Cl.

**Versuch.** Man mische in einem Kochfläschchen vorsichtig ½ Loth Wasser mit 1½ Loth Schwefelsäure und schütte, nachdem die Mischung vorher wieder kalt geworden ist, 1 Loth Kochsalz hinzu. Salzsäure und Wasser.

Fig. 103



Salzsäure und Wasser.

Auf das Fläschchen kommt ein Kork mit einer Glasröhre, deren längeres Ende in ein Medicingläschen geht, in dem sich 2 Loth Wasser befinden. Erhitzt man das Fläschchen in einem Sandbade, so entweicht das salzsaure Gas, aber ruhiger als bei dem vorigen Versuche, weil man die Schwefelsäure etwas verdünnt hatte. Die Glasröhre darf nur ganz wenig in das Wasser eintauchen; reicht sie bis auf den Boden des Gefäßes, so kann die ganze Flüssigkeit plötzlich in's Kochfläschchen zurücksteigen, wenn die Hitze einmal nachläßt, z. B. beim Hin- und Herflackern der Spiritusflamme durch Luftzug. Das salzsaure Gas wird nämlich so begierig vom Wasser verschluckt, daß, wenn die Gasentwickelung einmal schwächer wird, ein verdünnter Raum in der Röhre und dem Kochfläschchen entsteht; die äußere Luft drückt dann stärker auf das Wasser und treibt es in die Höhe (92.). Wenn ein luftförmiger Körper sich zu einer Flüssigkeit verdichtet, so braucht er die gebundene Wärme, durch welche er zu Gas oder Dampf wurde, nicht mehr und diese wird daher frei. Hieraus folgt, daß das Wasser, in dem sich das salzsaure Gas verdichtet oder auflöst, bald warm werden muß. Warmes Wasser kann aber viel weniger Gas aufnehmen als kaltes; man muß daher, um eine starke Auflösung von salzsaurem Gas zu erhalten, das Medicinfläschchen in ein Gefäß mit kaltem Wasser stellen. Hat sich die Flüssigkeit in der Vorlage hinlänglich vermehrt, so zieht man eins der Untersetzbrettchen heraus, damit die Röhre wieder nahe an die Oberfläche komme. Die gewonnene Auflösung von salzsaurem Gas schmeckt und reagirt sehr sauer; sie heißt Chlorwasserstoffsäure, im gewöhnlichen Leben Salzsäure. Ein Maaß Wasser kann über 400 Maaß salzsaures Gas absorbiren; die so erhaltene starke Salzsäure raucht an der Luft, weil ein Theil des Gases entweicht. Erhitzt man sie bis zum Kochen, so entweicht die Hälfte davon, und eine nur halb so starke Säure bleibt übrig; diese ist aber immer noch etwas schwerer als Wasser.

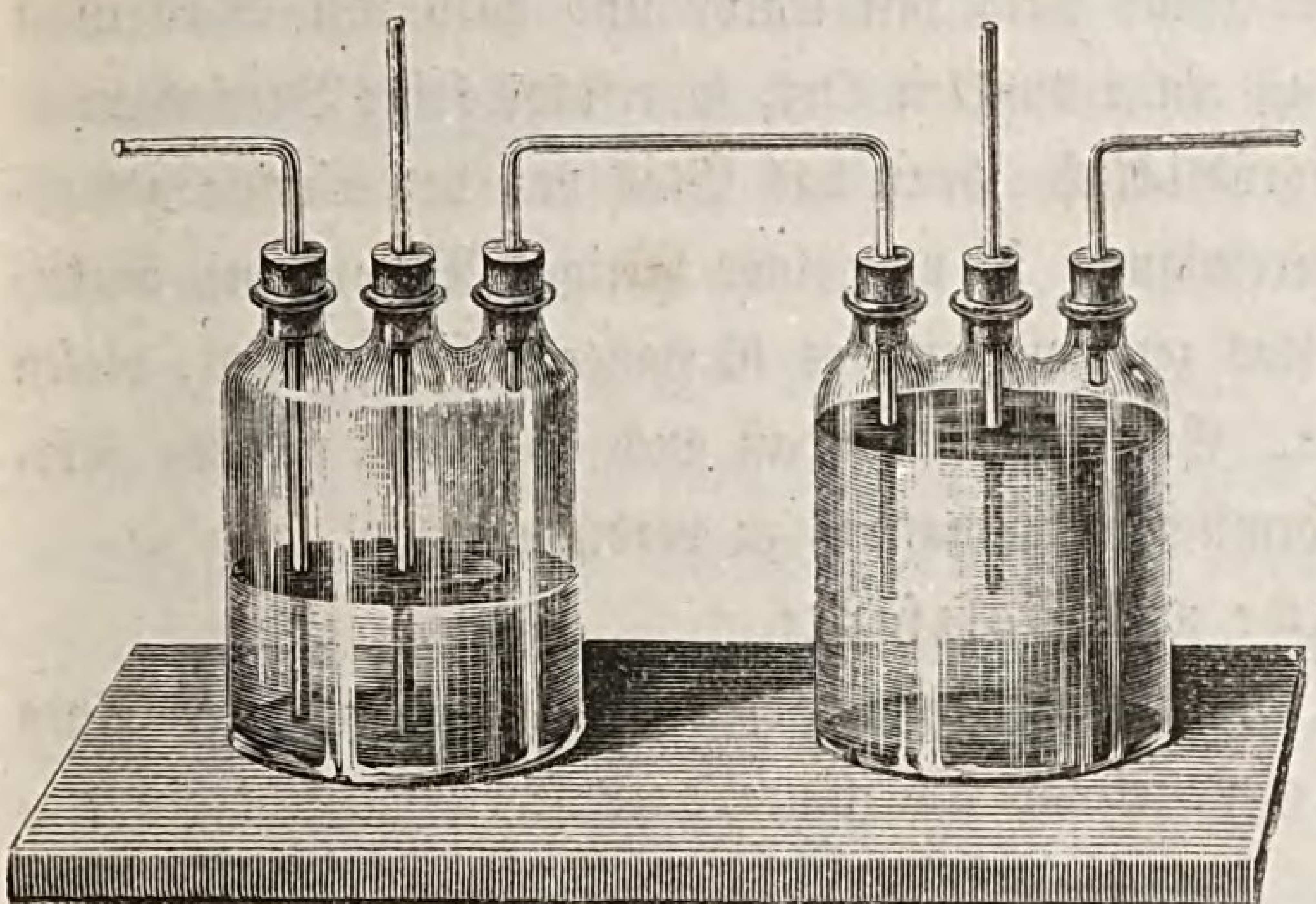
Darstellung in Fabriken.

Die im Handel vorkommende Salzsäure ist gewöhnlich gelb und mit schwefliger Säure, Schwefelsäure, Chlor, Eisen, auch wohl gar mit Arsenik verunreinigt. Dieselbe wird ebenfalls aus Kochsalz und

Schwefelsäure dargestellt, statt der Glasgefäße aber nimmt man große eiserne Cylinder, in welche man wohl einige Centner Kochsalz auf einmal bringen kann. Das Gas leitet man in mehre mit einander verbundene Flaschen oder Krüge, die mit Wasser angefüllt sind. Zuerst nimmt das Wasser der ersten Flasche so viel Chlorwasserstoffgas auf, als es vermag; ist es gesättigt, so geht das Gas in die zweite, dann in die dritte Flasche u. s. w. Dies ist eine sehr bequeme Methode, um Gasarten durch Flüssigkeiten zu leiten. Man nennt solche Gefäße, die gewöhnlich 2 oder 3 Oeffnungen haben, Woulfe'sche Flaschen. Das gerade Rohr in dem mittelsten Halse dient als Sicherheitsrohr, d. h. es verhindert das Zurücksteigen der Flüssigkeiten; entsteht ein verdünnter Raum in einer Flasche, so tritt durch dieses Rohr Luft in dieselbe hinein.

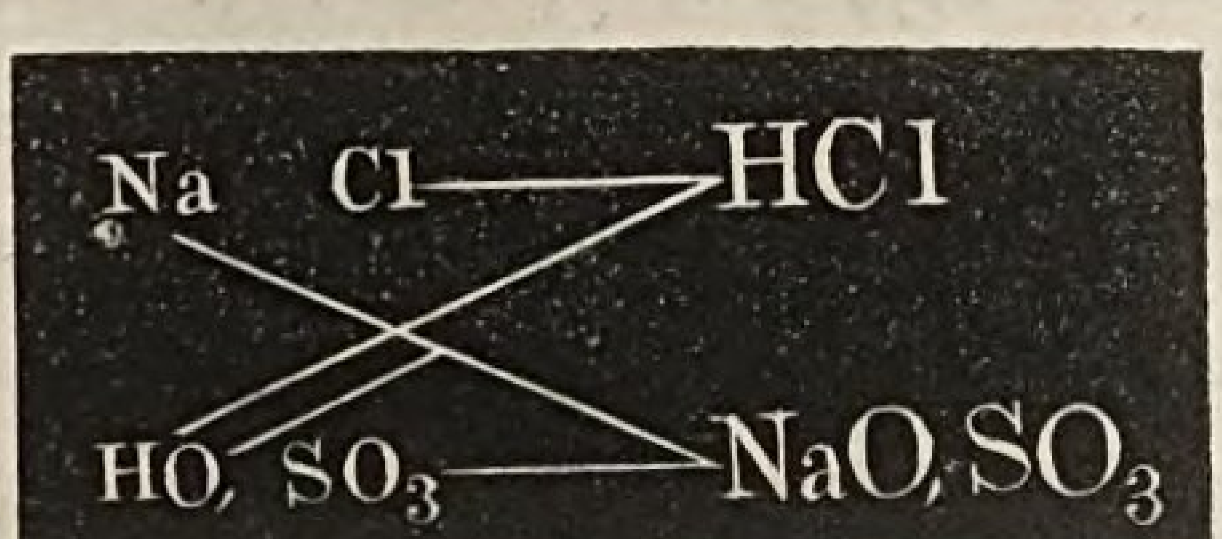
Darstellung in Fabriken.

Fig 104.



Das Kochsalz besteht, wie schon bekannt, aus Chlor und Natrium; kommt zu diesem Wasser, so nimmt das Chlor Wasserstoff, das Natrium Sauerstoff von demselben auf, und es entsteht chlorwasserstoffsaures Natriumoxyd. Dieses wird durch die stärkere Schwefelsäure zersetzt, welche sich mit der Basis verbindet und die Chlorwasserstoffsäure austreibt. Das schwefelsaure Natron (Glaubersalz) bleibt als

Erklärung.




flüchtig.

nicht flüchtig.

186



ein weißes Salz zurück; aus ihm stellt man die wichtige Soda dar.

Bestandtheile der Salzsäure. Die Bestandtheile der luftförmigen Salzsäure sind Chlor und Wasserstoff zu gleichen Atomen, sie wird also mit $HCl$ bezeichnet.

Füllt man ein Glas halb mit Chlor und halb mit Wasserstoff voll und stellt es an einen dunklen Ort, so erfolgt keine Vereinigung sie erfolgt aber augenblicklich wenn das Glas von der Sonne getroffen wird. Die Vereinigung ist von einer heftigen Verpuffung begleitet, die oft das Glas zerschmettert; es ist daher nicht rathsam, diesen Versuch anzustellen. Er zeigt aber, daß auch das Licht manche Körper nöthigt, sich chemisch mit einander zu verbinden.

186 Versuche mit Salzsäure.

Salzsäure u. Metalle. **Versuch** a. Man werfe einige eiserne Nägel in ein kleines Medicinglas und gieße etwas Salzsäure darauf: es entsteht ein lebhaftes Aufbrausen. Hat dies einige Minuten gewährt, so halte man einen brennenden Spahn an die Oeffnung des Glases: das entweichende Gas brennt, es ist Wasserstoff. Die Salzsäure wird zerlegt, ihr zweiter Bestandtheil, das Chlor, verbindet sich mit dem Eisen. Das Eisen verschwindet, es löst sich auf, d. h es vereinigt sich mit dem Chlor, und diese Verbindung ist löslich. Wenn das Brausen nachläßt, so erwärmt man das Glas durch heißes Wasser und gießt den Inhalt nachher auf ein Filtrum von weißem Fließpapier. Die durchgelaufene Flüssigkeit wird an einen kühlen Ort gestellt; es setzt sich aus derselben ein Salz in grünlichen Krystallen ab, welches Eisenchlorür ($FeCl$), d. h. Eisen mit wenig Chlor, genannt wird.

FeCl.

Wie das Eisen, so werden auch viele andere Metalle in Salzsäure aufgelöst und in Salze verwandelt.

Salzsäure und Metalloxyde. Versuch b. In einem Probirgläschen übergieße man Eisenrost mit Salzsäure: er löst sich auf, aber ohne Gasentwicklung. Hier trifft der Wasserstoff der Salzsäure einen Körper an, mit dem er sich verbinden kann, nämlich den Sauerstoff des Eisenoxyds; er vereinigt sich mit ihm zu Wasser. Die gelbbraune Auflösung, welche schwer zum Krystallisiren zu bringen ist, giebt beim Eindampfen eine braune Salzmasse, die Eisenchlorid ($Fe_2Cl_3$) heißt. Dieses Salz enthält

um die Hälfte mehr Chlor als die vorige. Die Salzsäure wird sehr oft zum Auflösen von Metalloryden angewendet.

Versuch c. Man löse einige Krystalle von dem nach a. gewonnenen Eisenchlorür in wenig Wasser auf und gieße Chlorwasser hinzu: die grünliche Flüssigkeit verwandelt sich in eine gelbe und giebt beim Verdampfen braunes Eisenchlorid. Das Chlor des Chlorwassers tritt hiebei an das Eisenchlorür und macht es zu Eisenchlorid. Eisenchlorür und Chlor.

Versuch d. Man löse ein wenig Soda in Wasser auf: die Lösung macht rothes Probirpapier blau, sie reagirt basisch. Zu der Auflösung tröpfle man vorsichtig Salzsäure: es wird ein Zeitpunkt eintreten, wo sie weder das rothe, noch das blaue Papier ändert. Die Salzsäure kann, ganz auf dieselbe Weise wie eine Sauerstoffsäure, Basen neutralisiren. Stellt man die Flüssigkeit an einen warmen Ort, so bleibt endlich ein Salz in kleinen Würfeln zurück. Durch diese Gestalt und durch den Geschmack erkennt man leicht, daß es Kochsalz ist. Auch hier hat sich der Sauerstoff der Basis mit dem Wasserstoff der Salzsäure zu Wasser verbunden, das Chlor aber mit dem Natrium zu Kochsalz. Die Kohlensäure der Soda entweicht unter Aufbrausen. Salzsäure und Soda.

Versuch e. In eine Kanne Wasser tröpfle man einen Tropfen Salzsäure und dann einige Tropfen Silberauflösung (aufgelösten Höllenstein): es entsteht eine weiße Trübung, in reinem Wasser nicht. Diese Trübung rührt von Chlorsilber her, welches ganz unlöslich im Wasser ist. Silberauflösung ist das genaueste Erkennungsmittel der Salzsäure und der salzsauren Salze. Reagens auf Salzsäure.

Wird Salzsäure mit 8—900 Theilen Wasser verdünnt und auf die Felder gegossen, so zeigt sie eine ähnliche düngende Kraft wie die Schwefelsäure (173.). Salzsäure düngt.

187. Haloidsalze. Ganz so wie Chlor verbinden sich auch die vier anderen Salzbilder oder Halogene mit Metallen zu Salzen; man nennt diese Art von Salzen Haloidsalze. Wie gezeigt worden, können sie dargestellt werden: Haloidsalze oder Wasserstoffsalze.

Haloidsalze oder Wasserstoffsalze.

1) Durch Zusammenbringen eines Salzbilders mit einem Metalle (156.).

2) Durch Zusammenbringen eines Salzbilders mit einem Metalloxyde (152.).

3) Durch Auflösen eines Metalles in einer Wasserstoffsäure (186.).

4) Durch Auflösen eines Metalloxydes in einer Wasserstoffsäure (186.).

Wer die zwei zuletzt erwähnten Fälle aufmerksam betrachtet, findet es vielleicht auffallend, warum man nicht annimmt, es verbinde sich die Salzsäure ohne weitere Zersetzung mit der Basis, gerade so, wie es bei der Schwefelsäure und den übrigen Sauerstoffsäuren angenommen wird. Dies kann um deswillen nicht allgemein geschehen, weil viele Haloidsalze, wenn sie ganz trocken sind, weder Sauerstoff noch Wasserstoff enthalten. Das völlig getrocknete Kochsalz z. B. enthält kein Chlorwasserstoff, sondern Chlor, kein Natriumoxyd, sondern Natrium, wie man durch die genauesten Untersuchungen gefunden hat. Wenn dagegen die Haloidsalze Wasser enthalten oder im Wasser gelöst sind, dann kann man sie allerdings auch so betrachten, als ob sie aus einer Basis und einer Wasserstoffsäure beständen: denn es kommt auf Eins heraus, ob man sich den Wasserstoff im Wasser oder in der Wasserstoffsäure, den Sauerstoff im Wasser oder in dem Metalloxyde denkt. Eine Kochsalzauflösung kann hienach ebenso gut als »Chlornatrium mit Wasser«, wie als »chlorwasserstoffsaures Natriumoxyd« (salzsaures Natron) angesehen werden ($NaCl + HO$ ist ebenso viel als $NaO, HCl$).

Sonst nannte man die Verbindungen des Chlors mit den Metallen allgemein salzsaure Salze. Die Namen: salzsaurer Kalk, salzsaurer Baryt, salzsaures Eisen ꝛc. bedeuten also ganz dasselbe wie Chlorcalcium, Chlorbarium, Chloreisen ꝛc. Wenn sich Chlor in mehren Verhältnissen mit einem Metalle verbindet, so heißt die Verbindung mit weniger Chlor Chlorür, die mit mehr Chlor Chlorid, die mit noch mehr Chlor Superchlorür oder Superchlorid (154.). Ist Wasser in ihnen enthalten, oder sind sie darin aufgelöst, so kann man die Chlorüre auch als salzsaure Oxydulsalze, die Chloride als salzsaure Oxydsalze ansehen, z. B.:

Eisenchlorür und Wasser ist so viel als salzsaures Eisenoxydul, Haloidsalze oder Wasserstoffsalze.

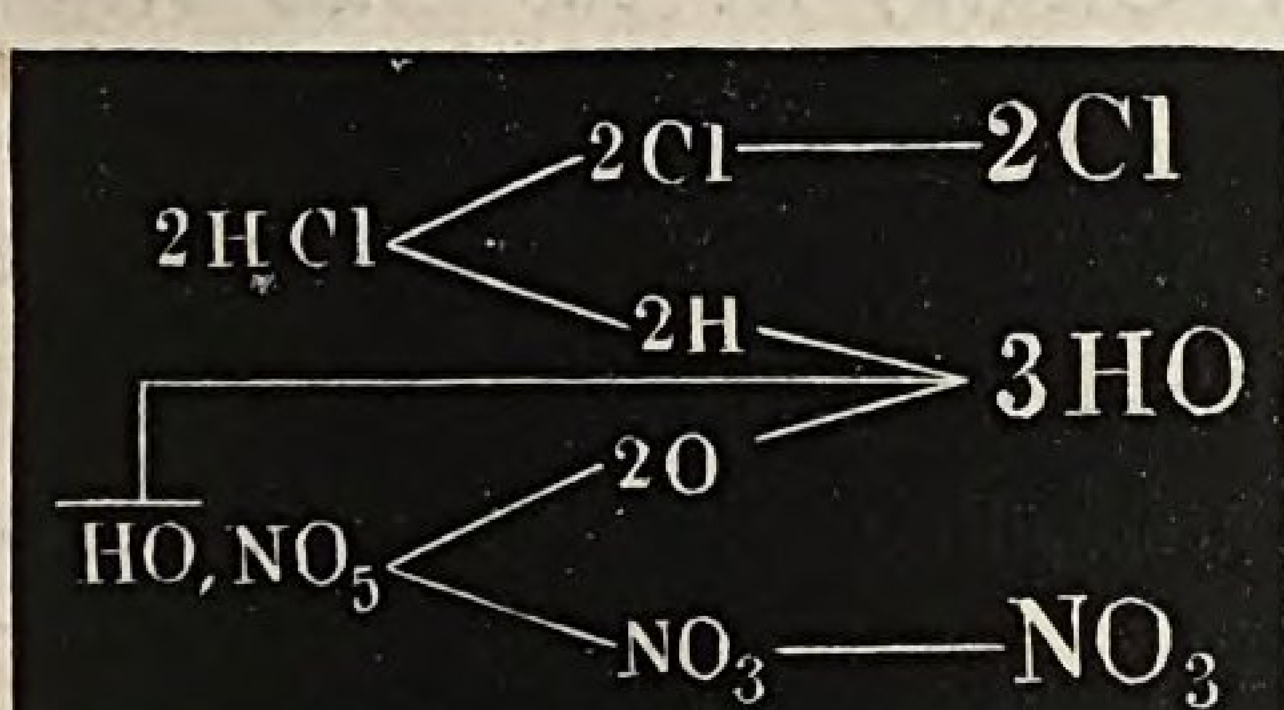
$(FeCl + HO = FeO, HCl)$;

Eisenchlorid und Wasser ist so viel als salzsaures Eisenoxyd,

$(Fe_2Cl_3 + 3HO = Fe_2O_3 + 3HCl)$.

## Königswasser oder Salpetersalzsäure $(2HCl + NO_5)$.

188. **Versuch.** Man bringe in ein Gläschen 1 Quentchen Salpetersäure, in ein anderes 2 Quentchen reine Salzsäure und lege in jedes einige Flitter von ächtem Blattgold: sie lösen sich nicht auf. Schüttet man aber beide Flüssigkeiten zusammen, so verschwindet das Gold sehr bald, weil es aufgelöst wird. Das Gold gilt für den König der Metalle, daher der Name Königswasser. Dampft man die Flüssigkeit ab, so bleibt ein gelbes Salz übrig, welches aus Gold und Chlor besteht. Da die Salzsäure ihr Chlor von freien Stücken nicht an das Gold abtrat, so muß wohl die Vermuthung nahe liegen, daß sie von der Salpetersäure gezwungen wurde, dies zu thun. Der Vorgang wird leicht erklärlich, wenn man auf die Bereitung von Chlor aus Salzsäure und Braunstein zurückblickt. Die Salpetersäure wirkt gerade so auf die Salzsäure, wie der Braunstein; sie enthält, wie dieser, viel Sauerstoff und giebt ihn sehr leicht ab. Dies geschieht auch hier, und der freigewordene Sauerstoff entzieht der Salzsäure ihren Wasserstoff, indem er damit Wasser bildet. Es muß also Chlor frei werden, welches, als ein einfacher und starker chemischer Körper, sich sogleich mit dem ebenfalls einfachen Golde vereinigt. Die Salpetersäure verliert dabei 2 Atome ihres Sauerstoffes und wird zu salpetriger Säure, welche in gelben Dämpfen entweicht. Salpetersalzsäure oder Königswasser.




Man braucht das Königswasser, um Gold und Platin aufzulösen, welche zwei Metalle von anderen Säuren nicht angegriffen werden.

## Brom, Jod und Fluor + Wasserstoff.

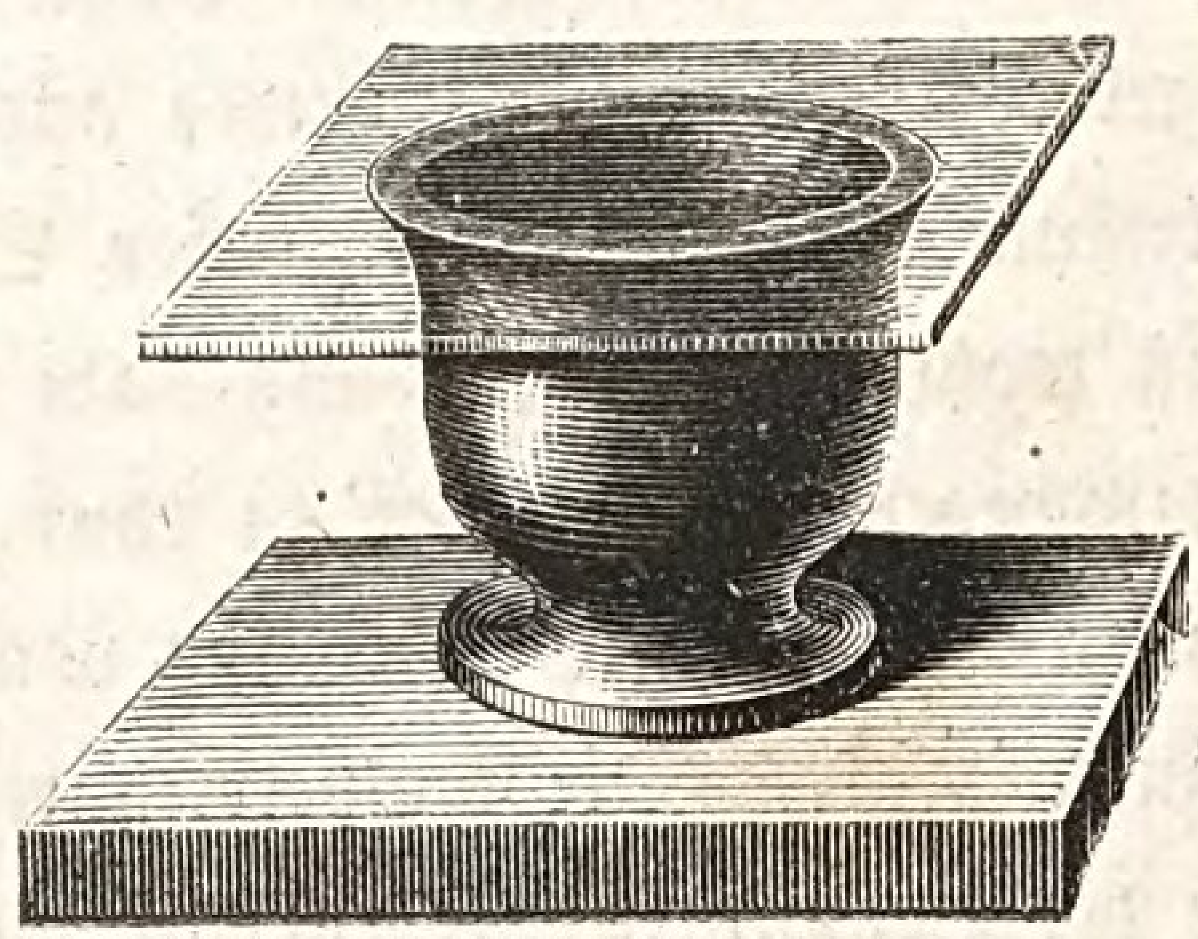
Brom- und Jod-Wasserstoffsäure.

189. Brom- und Jodwasserstoffsäure. Diese beiden Säuren haben sehr große Aehnlichkeit mit der Salzsäure. Ihre Verbindungen mit Metallen heißen Brom- und Jodmetalle (Brom-üre und -ide, Jod-üre und -ide) oder bromwasserstoffsaure und jodwasserstoffsaure Salze, sie finden sich immer als treue Begleiter des Kochsalzes in der Natur, also in dem Meerwasser und den Meerpflanzen, in den Salzquellen u. s. w., aber nur in sehr kleinen Mengen.

Flußsäure.

190. Fluorwasserstoff- oder Flußsäure. Versuch. Man stoße ein haselnußgroßes Stückchen Flußspath zu Pulver und schütte

Fig. 105.



es in einen kleinen Mörser, den man zuvor mit einem geölten Papiere ausgerieben hat; dann gieße man so viel Schwefelsäure darauf, daß ein dünner Brei entsteht. Auf den Mörser deckt man

Glasätzen.

in mit Wachs überzogenes Stück Fensterglas, von dem man das Wachs an einigen Stellen durch Kritzeln mit einer Stricknadel entfernt hat. Nach einigen Stunden nimmt man den Wachsüberzug durch Abschmelzen und Abreiben mit Terpentinöl weg: die Stellen, wo das Glas bloß lag, werden geätzt erscheinen.

Der Flußspath besteht aus Fluor und Calcium und wird durch die Schwefelsäure ganz auf dieselbe Weise zerlegt wie das Kochsalz; es entsteht Fluorwasserstoffsäure, gewöhnlich Flußsäure genannt, die in Dämpfen entweicht. Diese Säure hat die Eigenschaft, Kieselerde aufzulösen, sie entzieht daher letztere dem Glase da, wo es keinen schützenden Ueberzug hat, und das Glas wird dadurch rauh und matt. Auf diese Weise werden oft Zeichnungen auf Glassachen hervorgebracht. Leitet man die Dämpfe in Wasser, so erhält man

flüssige Flußsäure, die gleichfalls zum Glasätzen angewendet werden kann; man muß sich aber zu ihrer Darstellung bleierner oder platinener Geräthschaften bedienen, weil Glas- oder Porcellangefäße zerfressen werden. Glasätzen.

Man findet Fluorcalcium in geringen Mengen auch in den Knochen und Zähnen der Säugethiere und Menschen.

## Cyan und Wasserstoff, Blausäure (HCy).

191. Die große Aehnlichkeit, welche das aus Kohlenstoff und Stickstoff zusammengesetzte Cyan mit den Haloiden hat, giebt sich auch dadurch kund, daß es sich mit dem Wasserstoff zu einer Säure verbindet. Diese Verbindung ist die berüchtigte Blausäure oder Cyanwasserstoffsäure, von der einige Tropfen schon im Stande sind, kleine Thiere augenblicklich zu tödten. Sie wird, ähnlich der Salzsäure, aus Cyanmetallen und Schwefelsäure gewonnen und ist ebenfalls gasförmig wie die erstere. Um sie flüssig zu erhalten, leitet man das Gas in Wasser oder Weingeist, von denen es aufgenommen wird. Sie sieht dann farblos aus wie Wasser, und man erkennt sie leicht an ihrem starken, betäubenden Geruche, der dem der bitteren Mandeln sehr ähnlich ist. Ein so gefährlicher Körper darf nur von geübten Arbeitern dargestellt werden. In geringer Menge findet die Blausäure sich auch in manchen Samen, besonders in den bitteren Mandeln und in den Kernen der Steinfrüchte, z. B. der Pflaumen, Aprikosen u. s. w. Blausäure; HCy.

Mit den Basen vereinigt sich die Blausäure zu Wasser und Cyanmetallen (Cyanüre und Cyanide), oder was dasselbe ist, zu blausauren Salzen. Bekannt von diesen sind besonders das gelbe Cyaneisenkalium (Blutlaugensalz) und das blaue Cyaneisen (Berlinerblau).

## Rückblick auf die Wasserstoffsäuren.

1) Die Haloide oder Halogene: Chlor, Brom, Jod, Fluor und Cyan, bilden nicht nur mit dem Sauerstoff, sondern auch mit dem Wasserstoff Säuren.

2) Die Halogene haben den Wasserstoff viel lieber als den Sauerstoff, sie verbinden sich daher, wenn sie die Wahl haben, immer mit dem ersteren.

3) Der Wasserstoff vereinigt sich mit den Halogenen nur in einem Verhältnisse, es giebt daher von jedem derselben nur eine einzige Wasserstoffsäure.

4) Die Wasserstoffsäuren haben sämmtlich eine gleiche Zusammensetzung; sie bestehen immer aus gleichen Atomen von Halogen und Wasserstoff.

5) Mit den Metallen vereinigen sich die Wasserstoffsäuren zu Chlormetallen, Brommetallen u. s f., während ihr Wasserstoff entweicht.

6) Diese Verbindungen der Haloide mit den Metallen haben ganz die Eigenschaften von Salzen; man nennt sie aus diesem Grunde Haloidsalze.

7) Mit den Basen oder Metalloxyden vereinigen sich die Wasserstoffsäuren zu Haloidsalzen und Wasser.

8) Ist Wasser bei den Haloidsalzen zugegen, so kann man sie auch als Verbindungen von Wasserstoffsäuren mit Basen, oder als wasserstoffsaure Salze ansehen, ganz so, wie man die Sauerstoffsalze als Verbindungen von Sauerstoffsäuren mit Basen ansieht.

9) Viele Metalle können sich mit den Haloiden in mehren, gewöhnlich in zwei Verhältnissen verbinden, mit mehr (Chloride, Bromide ꝛc.) und mit weniger (Chlorüre, Bromüre ꝛc.); die ersteren entsprechen den Oxydsalzen, die letzteren den Oxydulsalzen.

## Rückblick auf die Verbindungen der Nichtmetalle mit Sauerstoff und Wasserstoff.

Wasserstoff und Metalloide. 192. Die Verbindungen, welche der Wasserstoff mit den Haloiden eingeht, sind hier deswegen zusammengestellt worden, weil sie die größte Aehnlichkeit unter einander haben. Diese Verbindungen sind deutlich ausgeprägte starke Säuren. Die anderen Nichtmetalle können sich zwar auch mit dem Wasserstoff vereinigen, sie bilden aber

Wasserstoff und Metalloide.

damit keine Säuren, mit alleiniger Ausnahme des Schwefels, dessen Verbindung mit Wasserstoff sich allerdings auch wie eine Säure, aber nur wie eine sehr schwache verhält (132.) Bei dem Stickstoff tritt sogar das Gegentheil ein; dieser bildet mit dem Wasserstoff eine Basis, das Ammoniak Die Verbindungen der übrigen Nichtmetalle mit dem Wasserstoff die zum Theil schon bei den einzelnen Nichtmetallen besprochen wurden, zeigen weder basische noch saure Eigenschaften, sie heißen deswegen neutrale oder indifferente (unentschiedene) Körper. Sauerstoff und Wasserstoff bilden indifferentes Wasser; Kohlenstoff und Wasserstoff indifferentes Leuchtgas und Sumpfgas; Phosphor und Wasserstoff indifferentes Phosphorwasserstoffgas 2c.

Fig. 106.




Sauerstoff und Metalloide.

Die Verbindungen, welche der Sauerstoff mit den Nichtmetallen oder Metalloiden eingeht, sind zwar meistens Säuren, wir finden aber auch unter ihnen einige, welche einen indifferenten Charakter besitzen, nämlich: das Stickstoff-Oxydul und Oxyd (NO und $NO_2$), das Phosphoroxyd und das Kohlenoxydgas (CO). Wie man sieht, sind es immer die Verbindungen mit der geringsten Menge Sauerstoff, denen die sauren Eigenschaften abgehen; erst mit der Vermehrung des Sauerstoffs er-

scheinen diese letzteren, und zwar am ausgeprägtesten in den Verbindungen, welche die *größte* Menge Sauerstoff enthalten.

Affinität der Metalloide zu Sauerstoff und Wasserstoff.

Da die Verbindungen, welche die Metalloide einerseits mit dem Sauerstoff, andererseits mit dem Wasserstoff eingehen, zu den wichtigsten und interessantesten chemischen Körpern gehören, so mag hier noch durch ein Schema die freilich nur *ungefähre* Stärke der Affinität angedeutet werden, welche die Metalloide zu diesen beiden Elementen haben. Die Größe der Kreise soll die Verwandtschaft zum Sauerstoff, die der Vierecke die Verwandtschaft zum Wasserstoff versinnlichen. Man wird leicht finden, daß die Freundschaft der Metalloide für den Wasserstoff in dem Maaße zunimmt, als die für den Sauerstoff abnimmt, und umgekehrt.

---

## Dritte Gruppe. Organische Säuren.

Organische Säuren.

193. Die Sauerstoffsäuren und Wasserstoffsäuren werden gewöhnlich unorganische oder Mineralsäuren genannt, weil man sie vorzugsweise im Mineralreiche antrifft oder aus Steinen und Erden künstlich darstellt. Es giebt außerdem aber noch sehr viele andere Säuren, die man in Thieren und Pflanzen entweder fertig gebildet antrifft (Ameisensäure, Citronensäure), oder aus organischen Stoffen künstlich erzeugt (Milchsäure, Essigsäure). Solche Säuren heißen *organische*, oder auch *vegetabilische* und *animalische Säuren*. Sie haben in ihren Eigenschaften und Verbindungen die größte Aehnlichkeit mit den unorganischen Säuren, nur nicht in ihrer Zusammensetzung. Hier sollen nur drei derselben, eine flüchtige und zwei nichtflüchtige, als Beispiele dieser Gattung von Säuren, zur Betrachtung kommen; die übrigen sind in der zweiten und dritten Abtheilung dieses Werkes aufgeführt.

### Weinsteinsäure oder Weinsäure (HO, $\overline{T}$).

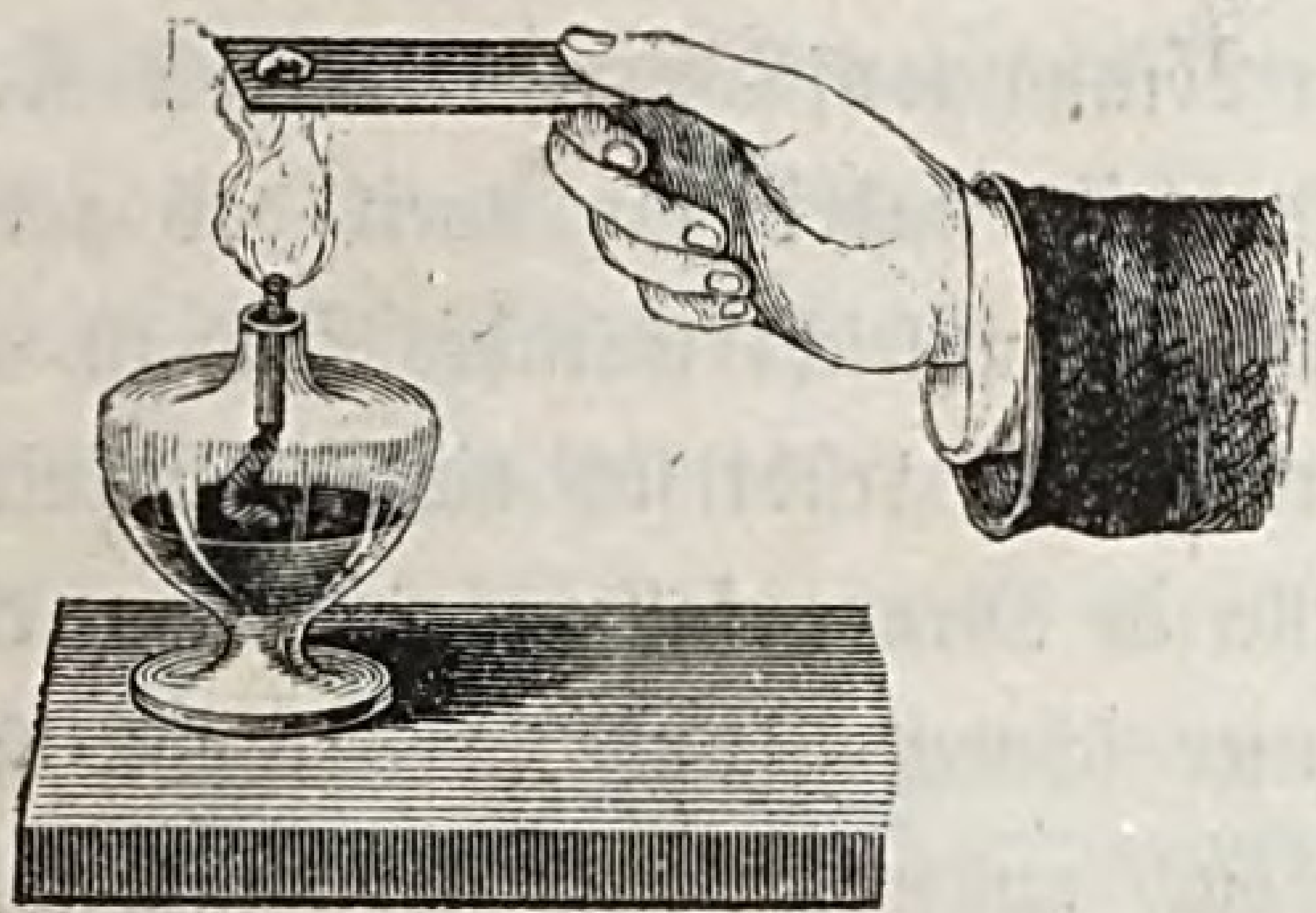
Weinsäure; HO, $\overline{T}$.

194. Die Weinsäure hat ganz das Ansehen eines Salzes; sie krystallisirt in farblosen, schiefen Säulen, die luftbeständig sind und sehr sauer schmecken.

Weinsäure in der Hitze.

**Versuch.** Man lege einen kleinen Krystall von Weinsäure auf ein dünnes Platinblech, und *erhitze* ihn durch die Flamme einer

Fig. 107.



Spirituslampe: er wird erst schmelzen, dann braun, endlich schwarz werden und dabei einen stark brenzlichen Geruch verbreiten. Hält man während des Verkohlens ein trocknes, kaltes Glas über die Säure, so beschlägt es mit Wassertröpfchen; es ist also *Sauerstoff* und *Wasserstoff* darin. Den schwarzen Rückstand erkennt man schon durch das bloße Ansehen als *Kohle*, genauer noch dadurch, daß er bei weiterem Erhitzen vollständig verbrennt. Die Weinsäure hat hienach in der Hitze große Aehnlichkeit mit brennendem Holze. In der That besteht sie auch aus denselben Elementen, nämlich aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, nur in anderen Quantitätsverhältnissen. *Alle Pflanzensäuren bestehen aus* C, H und O. *Alle Pflanzensäuren verkohlen und verbrennen in der Hitze.* Durch diese zwei Kennzeichen unterscheiden sich die organischen Säuren wesentlich von den unorganischen, die nur aus zwei Elementen bestehen und im Feuer weder verkohlen noch verbrennen.

Weinsäure und Wasser.

**Versuch.** Man übergieße etwas *Weinsäure* mit wenig warmem *Wasser*: sie zergeht darin, denn sie ist im Wasser *leicht löslich*. Verdünnt man die Lösung mit mehr Wasser und stellt sie an einen mäßig warmen Ort, so setzen sich Schleimflocken ab und der saure Geschmack verliert sich nach und nach; sie *verfault*. Auf ähnliche Weise werden alle organischen Säuren, wenn sie mit Wasser verdünnt sind, mit der Zeit zersetzt

Weinsäure und Basen.

**Versuch.** Man versetze eine Lösung von *Weinsäure* allmälig mit *Salmiakgeist*: es tritt ein Moment ein, wo die sauren Eigenschaften der Weinsäure und die basischen des Salmiakgeistes verschwunden sind. Die Weinsäure kann sonach, gerade wie andere Säuren,

Basen neutralisiren und damit Salze bilden. Das entstandene weinsaure Ammoniak ist leicht löslich.

Weins. Kali u. Weinstein. Versuch. Zu einer Lösung von Pottasche tröpfle man bis nahe zum Neutralisationspunkte eine Lösung von Weinsäure: die Kohlensäure entweicht; die Flüssigkeit bleibt dabei klar, weil das gebildete neutrale weinsaure Kali (KO, $\overline{T}$) ein leicht lösliches Salz ist. Setzt man aber noch mehr Weinsäure zu, so trübt sich die Flüssigkeit und läßt kleine durchsichtige Krystalle in Menge fallen, welche in Wasser äußerst schwer löslich sind, sauer schmecken und noch einmal so viel Säure als das neutrale Salz, auch außerdem noch Krystallwasser enthalten. Man nennt diese Krystalle saures oder zweifach weinsaures Kali (KO, $\overline{T}_2$ + HO), im gewöhnlichen Leben Weinstein, oder wenn sie zu Pulver gerieben sind, Cremor Tartari. Die Kalisalze können

Reagens. hienach als Erkennungsmittel der Weinsäure gebraucht werden.

Bereitung der Weinsäure. Aus dem Weinstein, den man in großen Quantitäten aus den Weinländern erhält, wo er sich beim Lagern der Weine als eine graue oder röthliche Salzkruste in den Fässern ausscheidet, stellt man sich allgemein die Weinsäure dar. Man könnte diesem Salze zwar auf eine einfache Weise das Kali durch Schwefelsäure entziehen, allein man würde dann zwei auflösliche Körper erhalten, die sich nicht gut von einander trennen lassen. Aus diesem Grunde ersetzt man erst das Kali durch eine andere Basis, die mit der Schwefelsäure eine unlösliche, oder doch sehr schwer lösliche Verbindung giebt, nämlich durch Kalk. Kocht man Weinstein mit Wasser und fügt Kreide hinzu, so erhält man weinsauren Kalk als ein weißes, unlösliches Pulver; wird dieser nach hinlänglichem Auswaschen einige Zeit mit Wasser und Schwefelsäure an einen warmen Ort gestellt (digerirt), so tritt die letztere an den Kalk und bildet Gyps, während die frei gewordene Weinsäure sich im Wasser löst und aus der Lösung nach dem Abdampfen herauskrystallisirt.

Solche Umwege muß der Chemiker oft einschlagen, um ein Paar Körper von einander zu trennen, die beide gleichlöslich im Wasser oder in einer anderen Flüssigkeit sind

Versuch. Erhitzt man das beim vorigen Versuche erhaltene krystallinische Pulver von Weinstein auf einem Platinbleche, so schwärzt es sich und verbrennt mit brenzlichem Geruch, wie die reine Weinsäure; es bleibt jedoch zuletzt eine weiße Salzmasse übrig, welche laugenhaft schmeckt, basisch reagirt und mit Säuren wie Pottasche braust. Die Säure verbrennt, das Kali nicht; beim Verbrennen der Säure bildet sich Kohlensäure, die sich mit dem Kali verbindet; es entsteht also wirklich Pottasche oder kohlensaures Kali. Alle Salze, die eine organische Säure (gebunden an ein Alkali oder eine alkalische Erde) enthalten, werden auf gleiche Weise in der Hitze zerstört und in kohlensaure Salze umgeändert. Weinstein in der Hitze.

195. Schwefelsäure können wir in Schwefel und Sauerstoff zersetzen; aus Schwefel und Sauerstoff können wir aber auch wieder Schwefelsäure zusammensetzen. Nicht so mit der Weinsäure; da gelingt nur das Einreißen, das Wiederaufbauen liegt außer unserer Macht. Wir können die organischen Säuren nicht aus ihren Elementen künstlich darstellen. Wie sie sich in den Pflanzen und Thieren bilden, wissen wir noch nicht. Bei den Pflanzensäuren nur hat man so viel ermittelt, daß sie aus Kohlensäure und Wasser, den zwei Hauptnahrungsmitteln der Vegetabilien, entstehen. Durch welche Kraft aber und auf welche Weise diese zwei Körper gezwungen werden, in dem Weinstocke zu Weinsäure, in den Früchten des Citronenbaums zu Citronensäure, in den Aepfeln zu Aepfelsäure rc. zusammenzutreten, daß ist uns gänzlich unbekannt. Wir stehen hier an einem Grenzsteine unseres Wissens; ob es uns vergönnt sein wird, diesen später einmal weiter hinauszurücken, müssen weitere Forschungen zeigen. Einstweilen muß man annehmen, daß die unbekannte Kraft, die aus dem Samenkorne Keime, Blätter und Blüthen emporwachsen läßt — wir nennen sie Lebenskraft — auch im Stande sei, chemische Verbindungen und Zersetzungen hervorzubringen, so mächtig und so mannigfaltig, wie wir es in unseren Retorten und Schmelztiegeln nicht vermögen. In diesem Sinne betrachten wir die organischen Säuren, wie die organischen Stoffe überhaupt, als chemi- Bildung der organischen Säuren.

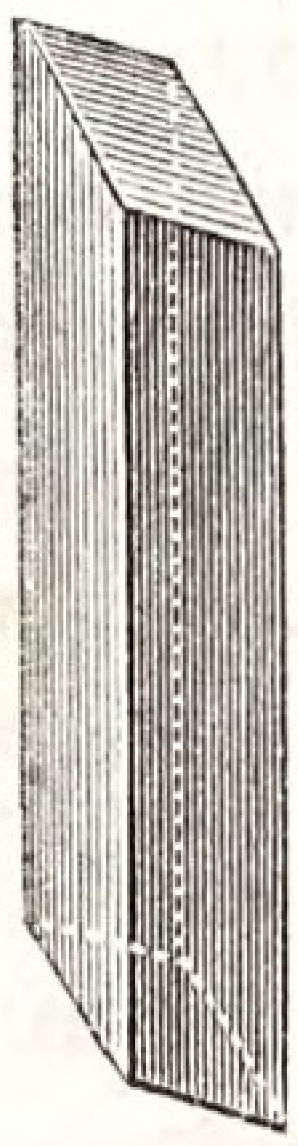
Bildung der organischen Säuren. sche Erzeugnisse der Lebensthätigkeit der Pflanzen und Thiere.

Um die organischen Säuren kurz zu bezeichnen, setzt man über ihren Anfangsbuchstaben einen horizontalen Strich. Der lateinische Name für Weinstein ist Tartarus, das Zeichen für Weinsteinsäure $\bar{T}$.

Oxalsäure aus Zucker.

## Oxalsäure oder Kleesäure ($HO, \bar{O}$ oder $HO, C_2 O_3$).

Fig. 108.



196. Versuch. Man erhitze an einem luftigen Orte in einer Porcellanschale ½ Loth Zucker mit 3 Loth gewöhnlicher starker Salpetersäure und 2 Loth Wasser: es wird nach einiger Zeit eine starke Entwickelung von gelbrothen Dämpfen ($NO_3$) eintreten. Erscheinen diese bei fortgesetztem Kochen nicht mehr, so stellt man die Flüssigkeit an einen kühlen Ort: es werden sich farblose Krystallnadeln, schiefe rhombische Säulen, daraus abscheiden, die man durch Umkrystallisiren reinigt. Sie reagiren stark sauer und sind giftig; man nennt sie Oxalsäure oder Kleesäure, im technischen Leben wohl auch fälschlich Zuckersäure. Sie enthalten, wie die meisten Säuren, Wasser chemisch gebunden, ohne welches sie nicht bestehen können.

Oxalsäure und Schwefelsäure. Versuch. Man übergieße in einem Probirgläschen 20 Gran Oxalsäure mit 1 Quentchen rauchender Schwefelsäure und erwärme das Gemenge vorsichtig: es wird sich eine Luftart daraus entwickeln, die man durch Kalkwasser, welches sich in einem zweiten Probirgläschen befindet, streichen läßt. Die Hälfte des entweichenden Gases wird von dem Kalkwasser verschluckt, welches sich dadurch trübt; dies ist Kohlensäure ($CO_2$). Die andere Hälfte entweicht durch das offene Glasröhrchen und brennt angezündet mit bläulicher Flamme; dies ist Kohlenoxydgas ($CO$). Hört die Gasentwickelung auf, so hat man in dem ersten Gläschen englische Schwefelsäure; die Schwefelsäure hat also Wasser, nämlich das in der Oxalsäure enthaltene, chemisch gebundene Wasser, aufgenommen. Die Oxalsäure zerfällt, so wie sie ihr Wasser verliert, in die zwei erwähnten Luftarten; sie kann demnach angesehen werden als eine Verbindung

von 1 Atom $CO_2$
und 1 Atom $CO$, oder (addirt)
als $C_2O_3$.

Vergleicht man diese Zusammensetzung mit der des Zuckers, so ergiebt sich, daß der Zucker noch mehr Kohlenstoff als die Oxalsäure, außerdem aber auch noch Wasserstoff enthält; es mußte demselben also ein Theil seines Kohlenstoffs und aller Wasserstoff entzogen werden. Dies geschah durch den Sauerstoff der Salpetersäure, der mit ersterem Kohlensäure, mit letzterem Wasser bildete. Man kann den Vorgang hienach als eine Verbrennung (Oxydation) auf nassem Wege ansehen. Der Zucker hat ganz genau dieselben Bestandtheile wie das Holz. Zündet man einen Holzspahn an, so verbrennt im Anfange hauptsächlich Wasserstoff, weil dieser sehr leicht verbrennlich ist; zuletzt hauptsächlich Kohlenstoff, weil dieser schwerer verbrennt (120.). Dieselbe Reihenfolge findet auch beim Kochen des Zuckers mit Salpetersäure Statt: zuerst wird vorzugsweise der Wasserstoff, später erst der Kohlenstoff oxydirt; der letztere aber nur zum Theil, weil nicht genug Salpetersäure vorhanden ist, gerade wie auch Holz nur zum Theil verbrennt, wenn nicht genug Luft zugegen ist. Das halbverbrannte Holz (Kohle) verbrennt vollständig, wenn wir es länger an der Luft erhitzen; es wird zu Kohlensäure durch den Sauerstoff der Luft. Halb verbrannter Zucker (Oxalsäure) verbrennt vollständig, wenn wir ihn mit noch mehr Salpetersäure kochen; er wird zu Kohlensäure durch den Sauerstoff der Salpetersäure

Veränderung des Zuckers durch Salpetersäure.

197. Versuche mit Oxalsäure.

Versuch a. Man lege einige Krystalle von Oxalsäure auf ein Platinblech und halte sie in die Flamme einer Spirituslampe: sie schmelzen, entzünden sich und verbrennen, ohne sich zu schwärzen oder etwas zurückzulassen. Das Product der Verbrennung ist Kohlensäure; aus $C_2O_3$ und O (aus der Luft) werden $2CO_2$.

Oxalsäure in der Hitze.

Versuch b. Zu einer heißen concentrirten Lösung von Pottasche tröpfle man eine heiße concentrirte Lösung von Oxalsäure, bis zur Neutralisation: es bildet sich neutrales oxalsaures Kali ($KO, C_2O_3$),

Oxalsaures Kali und Kleesalz.

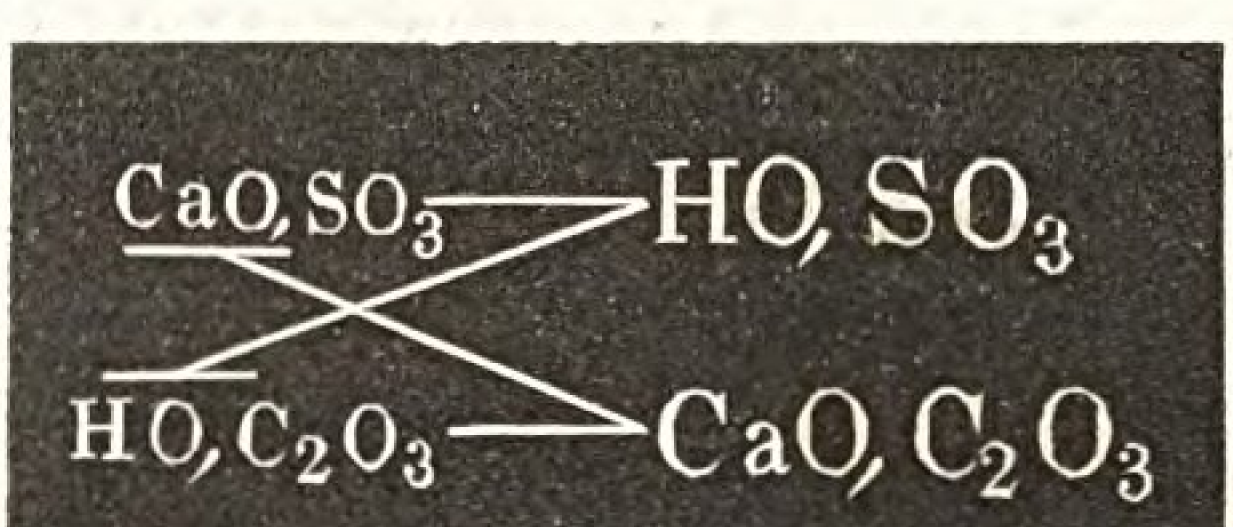
Oxalsaures Kali und Kleesalz.

ein leicht lösliches Salz. Setzt man nun noch einmal so viel Oxalsäure zu, als man gebraucht hat, so erhält man beim Erkalten harte Krystalle, die sauer reagiren; sie heißen saures oder zweifach oxalsaures Kali. 1 Atom Kali kann sich also auch mit 2 Atomen Säure verbinden. Solche Salze mit 2 Atomen Säure nennt man, wie schon früher erwähnt, saure Salze. Das saure oxalsaure Kali wird ebenfalls durch den Lebensproceß mancher Pflanzen gebildet, es findet sich insbesondere reichlich in den Blättern des Sauerklees (Oxalis) und wird auch aus diesen gewonnen. Hieraus erklärt sich der gewöhnliche Name desselben: Kleesalz (Oxalium), und der Name: Klee- oder Oxalsäure. Das saure Salz ist viel schwerer löslich als das neutrale.

Versuch c. Man erhitze etwas Kleesalz auf einem Platinbleche: es wird ebenso wie der Weinstein, nur ohne Verkohlung oder Schwärzung, in kohlensaures Kali umgewandelt; die Oxalsäure verwandelt sich dabei, wie oben, in Kohlensäure und Kohlenoxydgas und ein Theil der ersteren verbindet sich mit dem Kali.

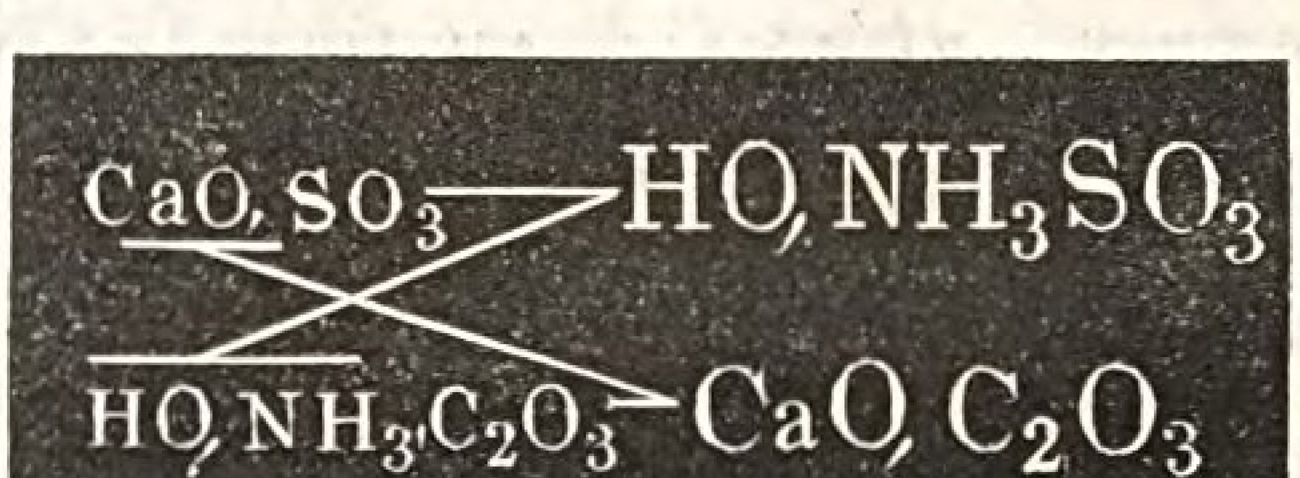
Reagens auf Oxalsäure.

Versuch d. Man schüttle ein wenig Gyps mit Wasser, und lasse die Flüssigkeit sich wieder klären; das abgegossene Wasser hält nun ein wenig (1/500) Gyps aufgelöst. Wird zu diesem Gypswasser eine Lösung von Oxalsäure hinzugegossen, so erhält man nach kurzer Zeit einen Niederschlag von oxalsaurem Kalk; die Oxalsäure hat also zum Kalk eine größere Affinität als die Schwefelsäure, da sie im Stande ist, die letztere auszutreiben.



flüssig.
fest.

Schneller und vollständiger erfolgt die Zersetzung, wenn man die Oxalsäure vorher mit Ammoniak ($NH_3$) neutralisirt, weil der Schwefelsäure dann ein anderer Körper dargeboten wird, mit dem sie sich lieber verbindet als mit dem Wasser; sie wird dadurch gleich-



löslich
nicht löslich

sam willfähriger, den Kalk loszulassen. Die Oxalsäure ist das genaueste Reagens auf Kalk und Kalksalze.

**Versuch** e. Auf ein erbsengroßes Stück Eisenvitriol gieße man einige Eßlöffel voll Wasser, und befeuchte mit der Auflösung ein Stück weißes Fließpapier; hat sich dieses mit der Flüssigkeit durchzogen, so bestreiche man es noch mit Salmiakgeist (Ammoniak). Das Ammoniak entzieht dem Eisenvitriol die Schwefelsäure und es muß daher auf und in dem Papier Eisenoxydul ausgeschieden werden, welches demselben eine grünliche Farbe ertheilt. Beim Trocknen wird das Eisenoxydul zu Eisenoxyd, und damit das Grün zu Gelb. Auf ähnliche Weise färbt man oft Kleiderzeuge durch Eisenoxyd braun oder gelb. Nun reibe man etwas Oxalsäure mit Wasser zu einem dünnen Brei und betupfe mit diesem das gelbe Papier an mehren Stellen: die Farbe wird daselbst bald verschwinden und man erhält weiße Muster auf einem gelben Grunde. Die Oxalsäure löst das Eisenoxyd mit großer Leichtigkeit auf und beide werden beim Spülen entfernt Hierauf gründet sich der bedeutende Verbrauch dieser Säure in den Druckfabriken, wie gleicherweise ihre Anwendung zum Entfernen der Tintenflecke aus Wäsche oder Papier. Ein Hauptbestandtheil der Tinte ist Eisenoxyd; mit dem Auflösen desselben durch die Kleesäure verschwindet auch die schwarze Farbe der Tinte. Warum bei gelben und braunen Kleiderstoffen, die in der Regel dem Eisenoxyd ihre braune Farbe verdanken, beim Ausmachen der Tintenflecke durch Kleesäure oder Kleesalz (welches ebenso wirkt, wie die freie Säure) auch die Zeugfarbe mit verschwindet, wird hienach leicht erklärlich sein. *Oxalsäure und Eisenoxyd.*

## Essigsäure (HO, $\bar{A}$).

198. Der bekannte Essig ist ebenfalls eine Pflanzensäure. Diese entsteht oft genug gegen unseren Wunsch und ohne unser Zuthun, wenn süße oder geistige Flüssigkeiten, z. B. Syrupwasser, Obstbrühe, Wein, Bier ꝛc. an der Luft stehen bleiben. Der Zucker verwandelt sich allmälig in Weingeist; aus dem Weingeist aber wird Essig, wenn er sich mit dem Sauerstoff der Luft verbinden kann. Wie dieses ge- *Essigsäure; HO, $\bar{A}$.*

schehe, kann erst später nach der Betrachtung des Zuckers und Weingeistes erörtert werden; hier soll bloß gezeigt werden, wie man sich aus dem schwachen Essig starke Essigsäure darstellt.

Essigsäure ist flüchtig.

Unser gewöhnlicher Essig enthält in 1 Pfunde nur 1—2 Loth Essigsäure, das Uebrige ist Wasser. Kocht man den Essig, so zeigt der saure Geruch des Dampfes schon, daß die darin enthaltene Säure flüchtig ist; wir können ihn daher nicht, wie andere Säuren, durch Verdampfen stärker machen; wohl aber ist dies auf folgende Weise möglich.

Essigsäure und Bleioxyd.

Versuch. Man schütte zu 1 Pfunde ungefärbten Essigs 2—3 Loth Bleiglätte (Bleioxyd) und lasse die Mischung in einem Topfe unter öfterem Umrühren einige Stunden an einem warmen Orte stehen. Dampft man alsdann die durch Stehen abgeklärte Flüssigkeit bis auf 5—6 Loth ein und läßt sie erkalten, so erzeugen sich säulenförmige Krystalle von essigsaurem Bleioxyd. Man nennt dieses Salz im gewöhnlichen Leben Bleizucker, weil es süßlich schmeckt. Durch das Bleioxyd, oder auch durch andere Basen, wird die Essigsäure so fest gehalten, daß sie beim Abdampfen nicht mehr, oder doch nur in geringer Menge, mit den Wasserdünsten entweicht.

Verbrennung der Essigsäure.

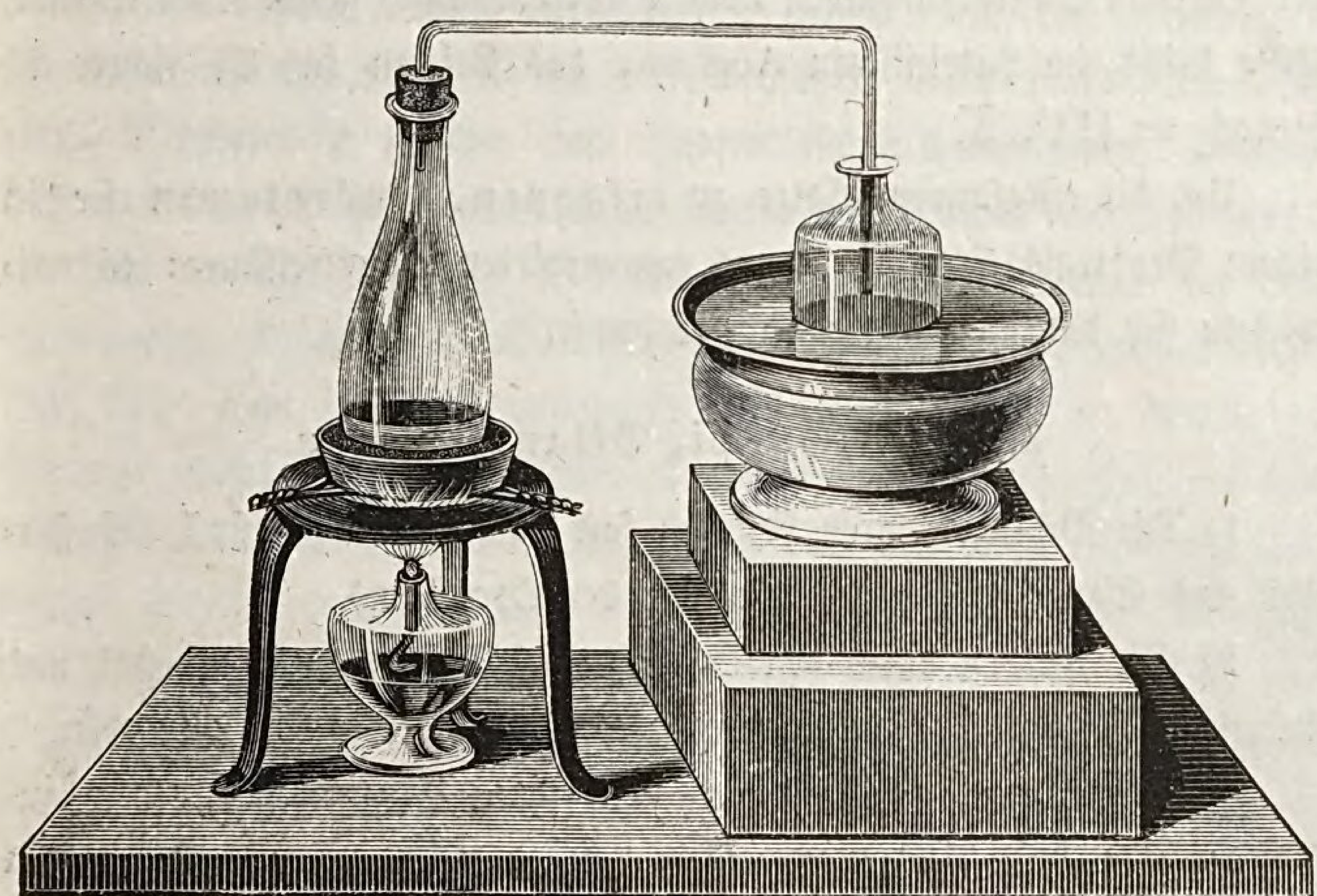
Versuch. Auf ein Stück Kohle wird etwas Bleizucker gelegt und durch das Löthrohr erhitzt: das Salz schmilzt zuerst in seinem Krystallwasser, dann bräunt es sich und verkohlt; die Essigsäure zersetzt sich dabei, wie die Weinsäure beim Erhitzen der weinsauren Salze. Ist sie vollständig verbrannt, so hat man auf der Kohle einige Kügelchen von Bleimetall. Das Bleioxyd wird nämlich auch zerlegt; die glühende Kohle entzieht ihm seinen Sauerstoff und bildet damit Kohlenoxydgas, welches entweicht, es muß demnach metallisches Blei übrig bleiben (Reduction oder Desoxydation).

Bereitung der Essigsäure.

Versuch. 1 Loth Schwefelsäure wird vorsichtig mit 1 Loth Wasser vermischt und nach dem Erkalten in ein Kochfläschchen gebracht, in das man vorher 2 Loth zerriebenen Bleizucker geschüttet hat. Man verbindet nun eine Glasröhre und Vorlage mit dem

Fläschchen und destillirt bei gelinder Hitze aus dem Sandbade, bis ungefähr 1½ Loth Flüssigkeit übergegangen sind. Es findet hiebei *Bereitung der Essigsäure.*

Fig. 109.



eine einfache Wahlverwandtschaft Statt: die starke Schwefelsäure tritt an das Bleioxyd und bildet damit eine weiße unlösliche Verbindung, welche zurückbleibt, während die in der Hitze flüchtige Essigsäure in Dampf verwandelt wird, der sich in der kalten Vorlage wieder zu flüssiger Essigsäure verdichtet.

Die erhaltene Essigsäure ist farblos und schmeckt und riecht sehr sauer. Aus der stärksten Essigsäure kann man durch Abkühlen sogar feste Krystalle erhalten (Eisessig); eine etwas verdünnte Essigsäure heißt concentrirter Essig.

*Essigsäure und flüchtige Oele.* **Versuch.** Zu starker Essigsäure setze man einige Tropfen Nelkenöl und Zimmtöl: sie werden aufgelöst, wenn die Säure stark genug war. Man nennt diese Mischung Riechessig.

*Essigsäure und Fleisch.* **Versuch.** Uebergießt man ein Stückchen mageres Rindfleisch (Muskelfleisch) mit Essigsäure, so wird es nach und nach weich und gallertartig. Auch der gewöhnliche Essig wirkt so, nur schwächer; es

ist ja bekannt genug, daß mit Essig durchzogenes Fleisch, gekocht oder gebraten, sehr mürbe und leicht verdaulich (auflösbar) wird.

Essigsäure und Wasser. Auch die Essigsäure kann nicht ohne Wasser bestehen; 7 Loth der stärksten Säure enthalten noch 1 Loth chemisch gebundenes Wasser. Essig heißt im Lateinischen Acetum, das Zeichen für Essigsäure ist hienach $= HO, \bar{A}$.

Reagens. Um die essigsauren Salze zu erkennen, erwärmt man sie in einem Probirgläschen mit etwas concentrirter Schwefelsäure: es entwickeln sich dabei sauer riechende Dämpfe.

## Rückblick auf die Pflanzensäuren.

1) Die Pflanzensäuren bestehen fast alle aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff (mit Ausnahme der Oxalsäure).

2) Sie werden durch den Lebensproceß der Pflanzen erzeugt und finden sich in den Pflanzen entweder frei oder an Basen gebunden.

3) Wir können dieselben nicht aus ihren Elementen künstlich zusammensetzen, wie die unorganischen.

4) Einige Pflanzensäuren lassen sich zwar auch durch die Kunst nachbilden, in der Regel sind aber immer andere Pflanzenstoffe dazu nöthig, durch deren Verwandlung die Säuren entstehen.

5) Alle Pflanzensäuren werden in der Hitze verkohlt und endlich vollständig verbrannt (unorganische Säuren nicht).

6) Die meisten Pflanzensäuren können nicht ohne Wasser bestehen (Constitutionswasser); dieses Wasser spielt darin die Rolle einer Basis.

7) Gegen Basen verhalten sich die Pflanzensäuren wie die unorganischen Säuren, sie bilden damit Salze.

8) Die pflanzensauren Salze werden ebenfalls durch die Hitze zerlegt: die Säure verkohlt und verbrennt, während die Basis, gewöhnlich mit Kohlensäure verbunden, zurückbleibt.

## Radicale. Sättigungscapacität.

Radicale. 199. Das Hauptwort Radical bedeutet so viel als Wurzel oder Grundlage; es wird in der Chemie oft angewendet zur Bezeich-

nung desjenigen Stoffes, den man in einer chemischen Verbindung als den hauptsächlichsten, als den Grundbestandtheil, ansieht. Die Nichtmetalle werden durch Sauerstoff, einige auch durch Wasserstoff, zu Säuren oxydirt, man betrachtet sie deshalb als die Grundlagen der Säuren, und kann sie in diesem Sinne Säureradicale nennen. Schwefel ist hienach das Radical der Schwefelsäure, Kohlenstoff das Radical der Kohlensäure, Chlor das Radical der Chlorsäure, wie das der Salzsäure 2c. Bei den Pflanzensäuren, welche aus drei Elementen, Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, zusammengesetzt sind, kann man entweder annehmen, der Sauerstoff ist es, der sie zu Säuren macht, und dann wird Kohlenstoff und Wasserstoff als das Säureradical angesehen, oder man kann auch den Wasserstoff als säurenden Stoff betrachten, und dann wäre Kohlenstoff und Sauerstoff das Radical. In dem einen wie in dem anderen Falle würde das Radical aus zwei Elementen bestehen; dies ist der Grund, warum man die Pflanzensäuren auch Säuren mit zusammengesetztem Radical nennt, im Gegensatze zu den Mineralsäuren, die als Säuren mit einfachem Radical anzusehen sind, weil sie nur ein einziges Element zur Grundlage haben. Die Cyansäure und Knallsäure müßten nach dieser Classification zu den Säuren mit zusammengesetztem Radical gerechnet werden, da das Radical Cyan aus Kohlenstoff und Stickstoff zusammengesetzt ist. Radicale.

Diese Betrachtungsweise wird auch auf Basen und Salze angewendet. Die Metalle werden durch Sauerstoff zu Basen oxydirt, sie sind demnach die Grundlagen der Basen, Basenradicale. Eisen ist z. B. das Radical der Eisenoxyde und Calcium das Radical des Kalkes. Bei den Salzen hält man das Oxyd oder die Basis für die Grundlage; sie erhält den Namen Salzradical. Eisenoxydul ist hienach das Radical des Eisenvitriols, Kalk das der Kreide 2c.

200. Daß die Säuren durch Basen neutralisirt oder, wie man gewöhnlich sagt, gesättigt werden, ist schon durch mehre Versuche gezeigt worden, und diese Versuche haben zugleich gelehrt, daß jede Säure bei der Neutralisation immer nur eine festbestimmte Quantität Sättigungscapacität.

Sättigungs-capacität.

von der Basis aufnimmt. Wie groß diese Quantität für jede Säure sei, das soll jetzt noch erörtert werden.

Durch genaue Untersuchungen hat man ermittelt, daß 100 Loth Schwefelsäure genau 118 Loth Kali, oder 70 Loth Kalk, oder 90 Loth Eisenorydul, oder 278 Loth Bleioryd brauchen, um neutralisirt zu werden. Weitere Untersuchungen führten zu der überraschenden Entdeckung, daß diese so ungleichen Mengen der genannten Basen doch genau einerlei Mengen Sauerstoff enthalten, nämlich 20 Loth.

| Schwefelsäure: | | | | | Sauerstoff: |
|---|---|---|---|---|---|
| 100 Loth | neutralisiren | 118 Loth | Kali; | diese enthalten | 20 Loth, |
| 100 » | » | 70 » | Kalk; | » » | 20 » |
| 100 » | » | 90 » | Eisenorydul; | » | 20 » |
| 100 » | » | 278 » | Bleioryd; | » | 20 » |

Es ergab sich als ein Gesetz für die Schwefelsäure: 100 Loth davon brauchen immer eine Quantität Basis zur Sättigung, in der 20 Loth Sauerstoff enthalten sind. Man hat die Zahl 20 die Sättigungsfähigkeit oder Sättigungscapacität der Schwefelsäure genannt.

Auf gleiche Weise hat man auch das Verhalten der Basen zu den übrigen Säuren untersucht und deren Sättigungscapacität bestimmt Für die Salpetersäure beträgt diese z. B. $14^3/_4$, für die Kohlensäure $36^1/_4$, d. h. jede Quantität irgend einer Basis, die $14^3/_4$ Loth Sauerstoff enthält, ist im Stande, 100 Loth Salpetersäure, jede Quantität Basis, die $36^1/_4$ Loth Sauerstoff enthält, 100 Loth Kohlensäure zu sättigen oder zu neutralisiren.

Statt, wie es hier geschehen, eine Vergleichung der Säure mit dem Sauerstoff der Basis anzustellen, pflegt man auch den Sauerstoff der Säure mit dem Sauerstoff der Basis zu vergleichen. Dies kann sehr leicht geschehen, wenn man erst weiß, wie viel in 100 Loth einer Säure Sauerstoff enthalten ist.

| | | Sauerstoff | | | Sauerstoff |
|---|---|---|---|---|---|
| 100 Lth. | Schwefelsäure enthalten | 60 Lth., | u. brauchen | in der Basis | 20 Lth. |
| 100 » | Salpetersäure » | $73^3/_4$ » | » » | » » | $14^3/_4$ » |
| 100 » | Kohlensäure » | $72^1/_2$ » | » » | » » | $36^1/_4$ » |

Hieraus ergiebt sich für die Verbindungen der Säuren mit den Basen, d. i. für die Salze, folgendes einfache Verhältniß: Sättigungs-capacität.

Der Sauerstoff der Säure verhält sich zum Sauerstoff der Basis:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| in allen neutralen schwefels. Salzen | wie | 60 | zu 20, | oder wie | 3 : 1. |
| » » » salpeters. | » | » $73\frac{3}{4}$ | » $14\frac{3}{4}$ | » » | 5 : 1. |
| » » » kohlens. | » | » $72\frac{1}{2}$ | » $36\frac{1}{4}$ | » » | 2 : 1. |

Ganz so wie eine Basis verhält sich auch das Wasser, welches wir mit einer Säure chemisch verbunden antreffen. In der englischen Schwefelsäure ($HO, SO_3$) z. B. ist der Sauerstoff der Säure zu dem Sauerstoffe des Wassers wie 3 : 1, in der stärksten Salpetersäure ($HO, NO_5$) wie 5 : 1 u. s. f.



---

## Leichte Metalle.

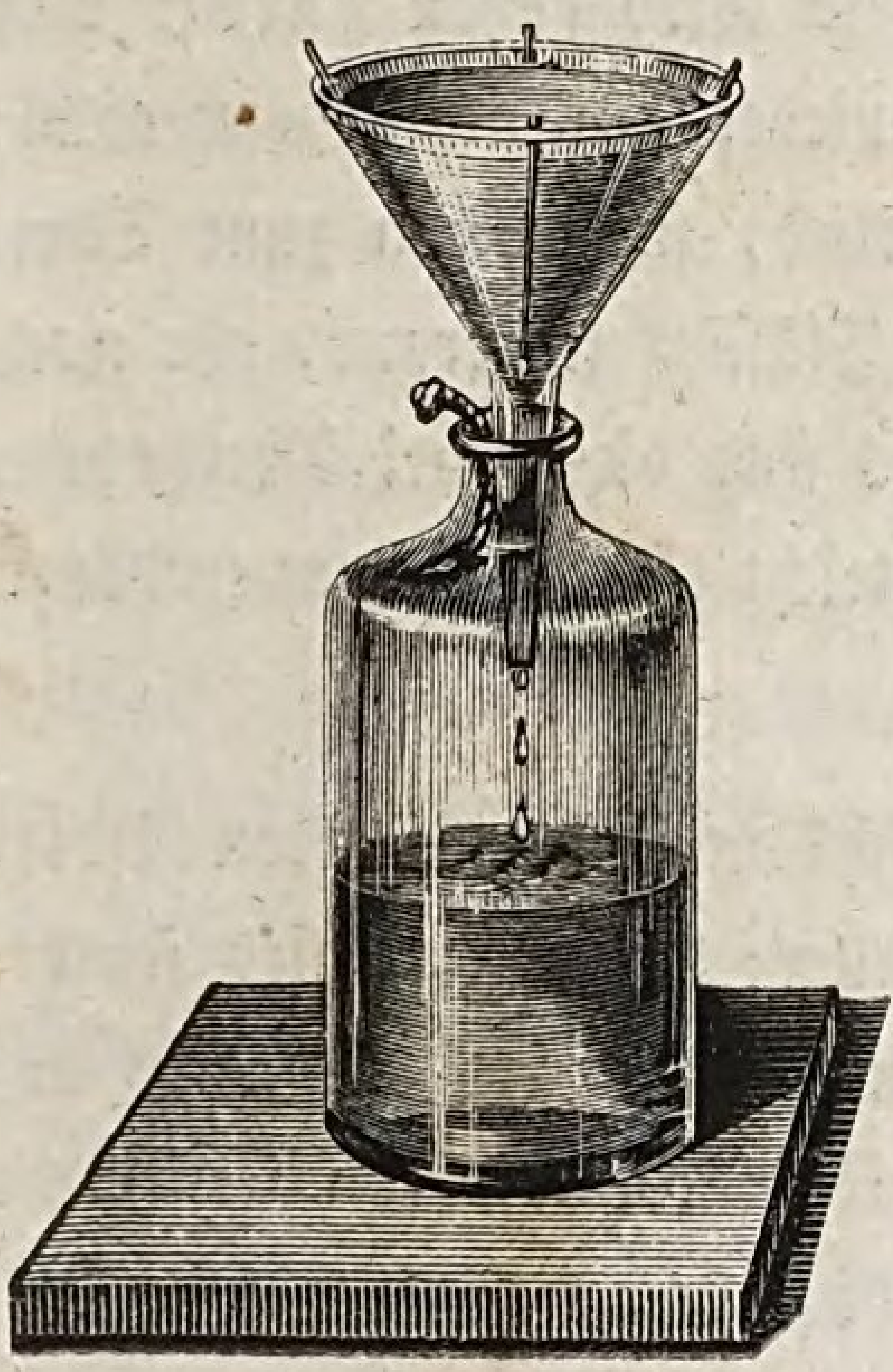
## Erste Gruppe: Alkalimetalle.

### Kalium (K).

(At.-Gew. = 490. [Pottaschenmetall.] — Specif. Gew. = 0,8.)

— 1807 von Davy entdeckt. —

Fig. 110.



201. **Pottasche oder kohlensaures Kali** ($KO, CO_2$).

**Versuch.** Auf ein Filtrum von Fließpapier, welches man in einen Trichter gelegt hat, Fig. 110, wird eine Handvoll Holzasche gebracht und nach und nach heißes Wasser darüber gegossen; die durchgelaufene Flüssigkeit schmeckt laugenhaft und bläut rothes Probirpapier. Dampft man sie in einem Porcellanschälchen bis zur Trockne ein, so bleibt zuletzt eine graue Salzmasse übrig, die durch Glühen in einem kleinen Bereitung der Pottasche.

Bereitung der Pottasche. Porcellantiegel weiß wird; man nennt sie rohe *Pottasche*. In holzreichen Gegenden, z. B. in Amerika, Rußland 2c., bereitet man sie auf ähnliche Weise im Großen und bringt sie als eine vielgebrauchte Waare in den Handel.

In der Asche (607.) befinden sich alle die Stoffe, welche die Pflanzen während ihres Wachsthums aus dem Erdboden aufnahmen; sie sind nicht flüchtig und bleiben daher während die eigentliche Holz- oder Pflanzenmasse verbrennt, zurück. Das Lösliche davon wird von dem Wasser aufgenommen (Pottasche und andere lösliche Salze), das Unlösliche (Kieselerde, unlösliche Salze und unverbrannte Kohlenstückchen) bleibt im Filtrum zurück.

Reinigung der Pottasche. **Versuch.** 1 Loth käufliche Pottasche wird mit 1 Loth *kaltem Wasser* übergossen, öfters umgerührt, und dann eine Nacht hingestellt. Die Flüssigkeit wird durch Filtration von dem Bodensatze, der hauptsächlich aus Kieselerde besteht, getrennt, bis zur Hälfte eingedampft und abermals eine Nacht hindurch der Ruhe überlassen, wobei die meisten fremden Salze herauskrystallisiren. Aus der nochmals filtrirten Flüssigkeit erhält man beim Abdampfen bis zur Trockne, wobei fortwährend mit einem Glasstabe gerührt wird, eine weiße, krümlige Salzmasse, *gereinigte Pottasche*.

Die Pottasche ist sehr leicht löslich, sie wird daher *zuerst* von dem Wasser aufgenommen und *zuletzt* wieder daraus abgeschieden; die anderen Beimengungen sind schwer löslich, sie bleiben zum Theil ungelöst, zum Theil krystallisiren sie aus der Flüssigkeit heraus, ehe noch die Pottasche an's Krystallisiren denkt. Es sind dies zwei Methoden, durch welche man schwer lösliche Stoffe von leicht löslichen trennen kann.

202. **Versuche mit Pottasche.**

Pottasche zieht Wasser an. **Versuch a.** Man stelle in einem Schälchen eine Portion Pottasche in eine Stube, eine andere in einen Keller: die erstere wird feucht, die letztere zerfließt. Beide Proben ziehen Wasser aus der Luft an, die in der trocknen Stubenluft weniger, die in der feuchten Kellerluft mehr. Die Pottasche ist ein sehr *hygroskopisches* Salz.

Versuch b. Man koche in einem Töpfchen ein Stückchen grauer Leinwand und einige schmutzige oder fettige Kattun- oder Leinwandläppchen mit ½ Loth Pottasche und 4 Loth Wasser einige Zeit hindurch: die Flüssigkeit färbt sich dunkler, während die Läppchen heller und reiner werden. Was wir im gewöhnlichen Leben Schmutz nennen, ist Staub, der an Haut oder Kleidern ꝛc. und zwar insbesondere dann, wenn diese durch Schweiß feucht waren oder mit fettigen und anderen klebrigen Stoffen in Berührung kamen, festhaftet. Durch Pottasche können die letztgedachten Stoffe aufgelöst und entfernt werden. Hierauf beruht die vielfache Anwendung dieser Substanz zum Reinigen und Waschen.

Pottasche löst fettige und farbige Stoffe auf.

Versuch c. Ein Theelöffel voll Pottasche wird in einem Trinkglase mit Essig übergossen: es entweicht unter lebhaftem Aufbrausen eine Luftart, in der ein brennender Holzspahn auslöscht. Diese Luftart ist die bekannte Kohlensäure; sie ist in der Pottasche mit dem basischen Kaliumoxyd oder Kali chemisch verbunden. Die Pottasche ist also ein Salz, kohlensaures Kali ($KO, CO_2$); außer diesem sind aber in der rohen Pottasche noch mancherlei fremdartige Salze, namentlich: kieselsaures, schwefelsaures und salzsaures Kali u. a. m. enthalten. Die schwache Kohlensäure ist nicht im Stande, die basischen Eigenschaften des Kali's vollständig aufzuheben, daher schmeckt die Pottasche laugenhaft und färbt rothes Lackmuspapier blau. Der Essig kann das Kali völlig neutralisiren; setzt man so viel von ihm hinzu, bis weder rothes noch blaues Probirpapier verändert wird, filtrirt und verdampft die Flüssigkeit alsdann, so erhält man eine weiße Salzmasse, essigsaures Kali.

Bestandtheile der Pottasche $KO, CO_2$.

Man könnte meinen, daß die Kohlensäure, die so gern Luftform annimmt, durch Erhitzen leicht zu verjagen wäre; auffallender Weise aber hält die Freundschaft derselben zum Kali die härteste Feuerprobe aus. Die Pottasche verliert selbst in der stärksten Glühhitze ihre Kohlensäure nicht.

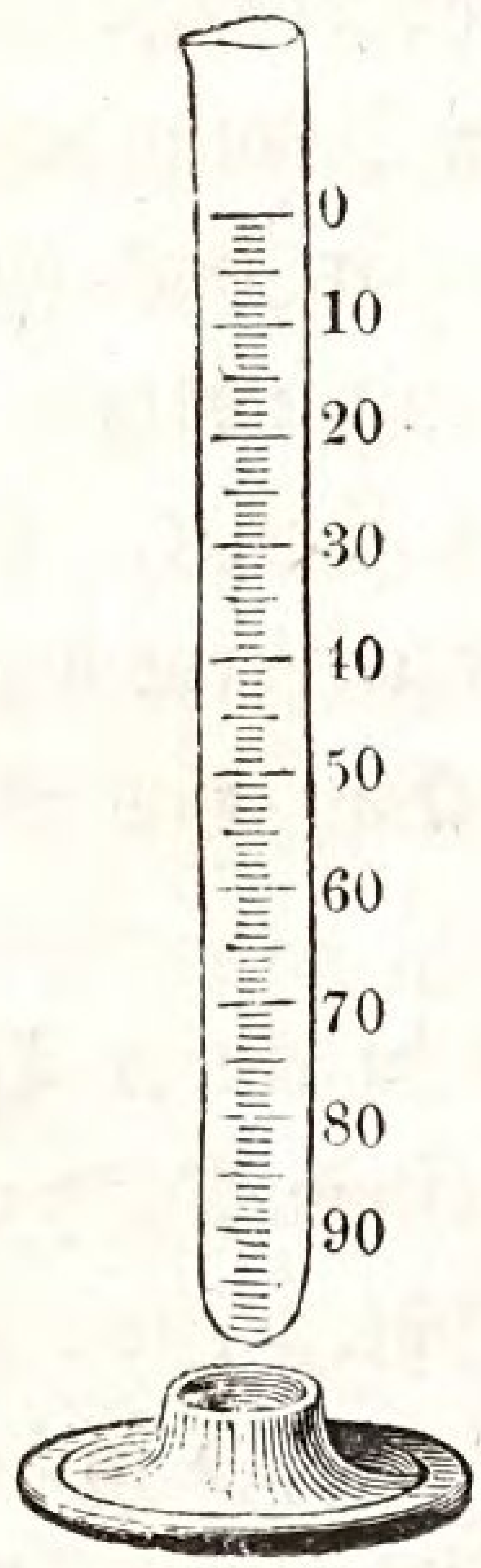
Die Pottasche kommt von verschiedener Güte und Reinheit im Handel vor. Um dieselbe auf ihre Güte zu prüfen, oder mehre Sor-

Prüfung der Pottasche.

Prüfung der Pottasche.

ten davon mit einander zu vergleichen, wägt man sich 100 Gran von jeder Sorte ab und neutralisirt sie mit einer Säure. Da eine gute Pottasche mehr Säure braucht, als eine schlechte, so kann man aus der Menge der verbrauchten Säure einen Schluß auf den Werth der Pottasche ziehen. Wer oft Pottasche zu prüfen hat, thut wohl, sich ein **Alkalimeter** anzuschaffen. Ein solches Instrument besteht aus einem in Grade getheilten (graduirten) Glascylinder, in dem man die Säuremenge, statt abzuwägen, abmißt. Hiezu muß man sich eine Probesäure anfertigen, die gerade so stark ist, daß 1 Grad davon einen Gran reinen kohlensauren Kali's neutralisirt. Die Grade der verbrauchten Säure geben dann gleich den Gehalt der Pottasche an reinem kohlensauren Kali in Procenten an. Auf gleiche Weise ermittelt man auch die Güte der Soda.

Fig. 111.




### Zweifach kohlensaures Kali ($KO, 2CO_2 + HO$).

Zweifach kohlensaures Kali.

Leitet man in eine Auflösung von Pottasche **Kohlensäure**, so nimmt die erstere noch einmal so viel Kohlensäure auf, als sie schon hat, und es setzen sich Krystalle ab, in welchen auf 1 At. Kali 2 At. Kohlensäure und außerdem noch 1 At. Wasser enthalten sind. Diese Verbindung gehört sonach zu den **sauren Salzen**. Beim Erhitzen entweicht das zweite Atom Kohlensäure, nebst dem Wasser, wieder; ebenso zum Theil beim Kochen einer Lösung dieses Salzes.

### 203. Kaliumoxyd oder Kali (KO).

Entzieht man der Pottasche die Kohlensäure, so bleibt Kali übrig.

Bereitung des Kali's.

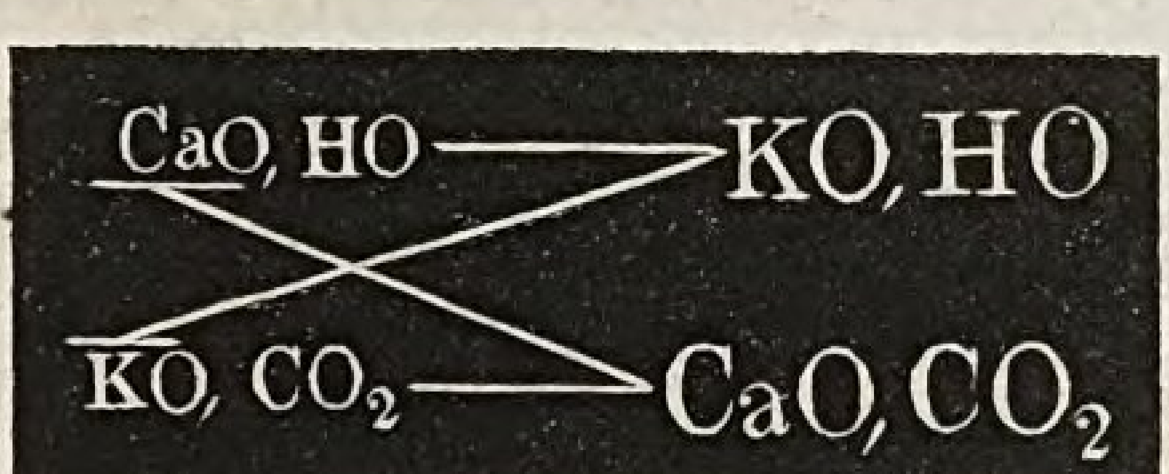
**Versuch.** Man lege 1 Loth **gebrannten Kalk** in eine Schüssel, besprenge ihn mit warmem Wasser und lasse ihn so lange stehen, bis er sich gelöscht hat, d. h. zu einem staubigen Pulver zerfallen ist.

Dann bringe man 1 Loth **Pottasche** in einem eisernen Schälchen mit 12 Loth Wasser zum Kochen, Fig. 112, und setze der Flüssigkeit nach und nach theelöffelweise die reichliche Hälfte des gelöschten Kalkes hinzu. Nachdem das Gemenge noch einige Zeit gekocht hat, schüttet man 1 Theelöffel voll davon auf ein Filtrum von weißem Fließpapier und gießt das Durchgelaufene in Essig. Erfolgt dabei ein Aufbrausen, so muß noch mehr Kalk zugegeben werden; erfolgt keins, so gießt man Alles in ein Fläschchen, verstöpselt dieses, und läßt es einige Stunden lang ruhig stehen, damit der Satz sich am Boden ablagere. Die klare Flüssigkeit wird vorsichtig abgegossen und in einem wohlverstopften Glase aufbewahrt. Sie besteht aus Wasser, in welchem Kali aufgelöst ist, und heißt **Aetzkalilauge**. Die Kohlensäure, welche vorher mit dem Kali verbunden war, ist während des Kochens an den Kalk getreten, wie man leicht aus dem Brausen ersehen kann, welches entsteht, wenn man Essig oder eine andere Säure auf den weißen Kalksatz gießt. Aus dem Kalk ist kohlensaurer Kalk geworden, aus dem kohlensauren Kali aber Kali. Der kohlensaure Kalk ist unlöslich, er setzt sich als ein weißes Pulver ab; das Kali ist löslich, es vereinigt sich mit dem vorhandenen Wasser.

Bereitung des Kali's.

Fig. 112.






löslich.

nicht löslich.

Es muß hienach scheinen, als sei der Kalk eine stärkere Basis als das Kali, da er dem letzteren die Kohlensäure wegnehmen kann; dies ist aber nicht richtig, denn in allen anderen Fällen ist das Kali stärker als der Kalk. **Es kann aber eine schwächere Basis einer viel stärkeren immer die Säure entreißen, wenn sie mit dieser ein unlösliches Salz bildet.** Der Kalk entzieht

Bereitung des Kali's. also dem Kali die Kohlensäure, nicht weil er eine größere Affinität zu der Säure hat, sondern weil er mit derselben eine unlösliche Verbindung (Kreide) giebt. In gleicher Weise vermag auch nicht selten eine schwächere Säure eine stärkere zu überwinden.

Kalihydrat. **Versuch.** Ein Theil der Aetzkalilauge wird in einem eisernen Schälchen (Glas und Porcellan werden angegriffen) eingedampft: das Wasser entweicht bis auf 1 At., und es bleibt zuletzt eine weiße Salzmasse übrig, Kalihydrat. Durch stärkeres Erhitzen kann diese geschmolzen und in Stangen oder Platten ausgegossen werden (Aetzstein oder geschmolzenes Kali).

Bestandtheile des Kali's. Das Kali besteht aus einem Metalle (Kalium) und Sauerstoff (166.). Außerdem enthält es aber immer noch 1/6 seines Gewichts Wasser, welches selbst durch das stärkste Glühen nicht ausgetrieben werden kann; sein vollständiger Name ist demnach Kalihydrat (KO, HO). Dieses Wasser ist chemisch mit dem Kali verbunden, gleichsam als ob es eine Säure wäre. Das indifferente Wasser kann sich gegen starke Basen wie eine Säure, gegen starke Säuren wie eine Basis verhalten (200).

204. Versuche mit Kalihydrat.

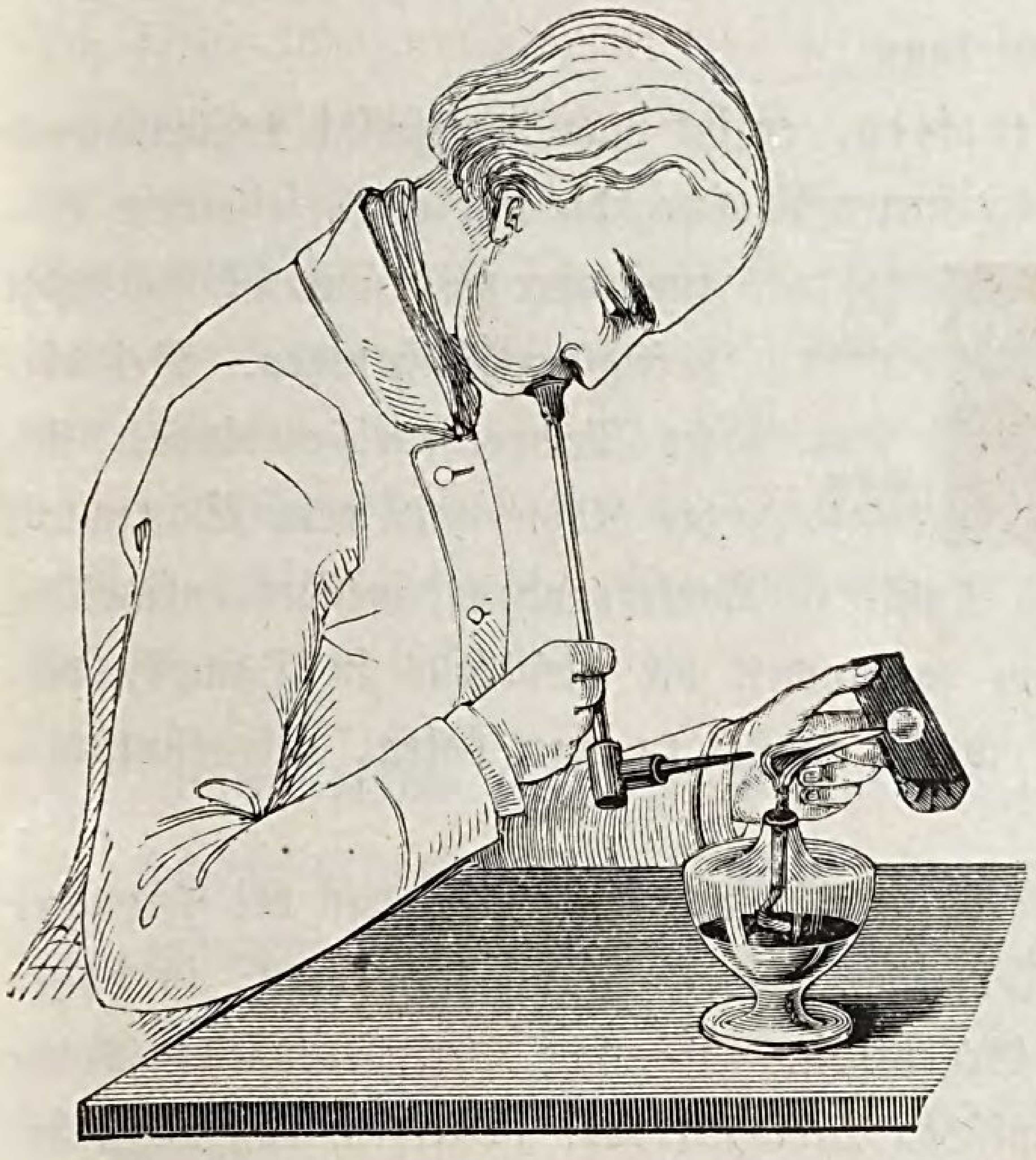
Kalihydrat zieht Wasser und Kohlensäure an. **Versuch a.** Man lasse etwas trocknes Kali an der Luft liegen: es wird bald feucht werden, ja zerfließen, und nach längerem Liegen aufbrausen, wenn man eine Säure hinzugießt. Das Kali hat zwei starke Leidenschaften: 1) zum Wasser, 2) zur Kohlensäure; beide saugt es aus der Luft auf und wird dann wieder zu kohlensaurem Kali oder Pottasche.

Kalihydrat wirkt ätzend. **Versuch b.** Man erwärme in einem Probirgläschen etwas weißes Fließpapier, in einem anderen etwas graues mit Kalilauge: beide Papiere werden zerstört und aufgelöst, die Pflanzenfaser des weißen Papiers (Leinen oder Baumwolle) langsam, die Thierfaser des grauen (Wolle) schnell. Das Kali wirkt sehr ätzend, namentlich auf thierische Stoffe. Das schlüpfrige Gefühl beim Reiben der Lauge zwischen den Fingern rührt von einer allmäligen Auflösung der Haut her.

Versuch c. In einem Probirgläschen wird ein wenig Talg oder Fett mit Kalilauge gekocht: es entsteht nach und nach eine Vereinigung, es bildet sich Seife. Die mit Kali bereiteten Seifen bleiben weich, man nennt sie Schmierseifen. Kalihydrat bildet Seife.

Versuch d. Wird etwas Kali auf einer Holzkohle durch die Löthrohrflamme mit Sand zusammengeschmolzen, so erhält man eine glasartig-amorphe Verbindung von kieselsaurem Kali. Viel Sand mit wenig Kali giebt ein fast ganzunlösliches Glas, das gewöhnliche Flaschen- oder Fensterglas (226.), viel Kali mit wenig Sand dagegen ein auflösliches Glas, das sogenannte Wasserglas. Die Auflösung des letzteren kann als ein feuersichernder Anstrich für Holz, Leinwand und andere brennbare Gegenstände angewendet werden. Kali bildet Glas.

Fig. 113.



Versuch e. Man löse ein Stückchen Kupfervitriol (schwefelsaures Kupferoxyd) in Wasser auf und tröpfle Kalilauge hinzu. Kali ist die stärkste Basis, welche wir kennen, sie entzieht daher dem Kupfervitriol die Schwefelsäure und bildet damit schwefelsaures Kali, welches gelöst bleibt. Das Kupferoxyd fällt, da es ohne eine Säure nicht in Wasser auflöslich ist, als Hydrat, d. h. mit etwas Wasser chemisch verbunden, in Gestalt eines zarten blauen Pulvers zu Boden und kann auf einem Filtrum gesammelt werden. Diese Methode wird Kali ist eine starke Basis.

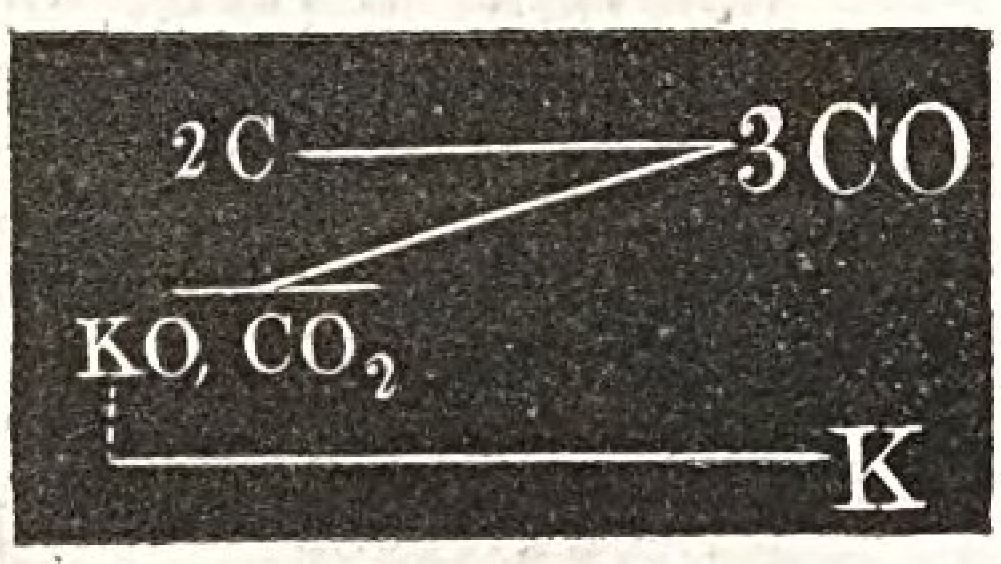
sehr häufig angewendet, um aus Metallsalzen Metalloxyde auszuscheiden.

205. **Kalium** (K).

*Bereitung des Kaliums; K.*

Wird dem Kali der Sauerstoff entzogen, so bleibt **Kalium** übrig, ein Metall, welches eine so gewaltige Neigung hat, sich wieder mit Sauerstoff zu verbinden, daß es nur durch Uebergießen mit Steinöl, einer Flüssigkeit, welche keinen Sauerstoff enthält, vor dem Oxydiren geschützt werden kann.

Um **Kalium zu bereiten**, erhitzt man gewöhnlich kohlensaures Kali mit Kohle in einer eisernen Flasche, die mit einem eisernen Abzugsrohre verbunden ist, bis zum heftigsten Weißglühen. Bei dieser Temperatur verbindet sich die Kohle mit dem Sauerstoff der Kohlensäure und des Kali's zu Kohlenoxydgas, welches entweicht.




leicht flüchtig.

schwer flüchtig.

Das freigemachte Kalium verwandelt sich gleichfalls in Dampf, den man in Steinöl leitet, worin er sich zu einer festen, silberähnlichen Masse verdichtet.

Bei der Kohlensäure ist gezeigt worden (166.), daß bei schwacher Hitze das Kalium der Kohle den Sauerstoff entreißen kann; in hoher Hitze geschieht hier das Gegentheil. Aehnliche Verschiedenheiten kommen nicht selten bei chemischen Processen vor; sie zeigen, daß die Affinitäten der Körper zu einander durch die Temperatur sehr abgeändert werden.

*Kalium zersetzt Wasser.*

**Versuch.** Man werfe ein erbsengroßes Stückchen von Kalium in eine Schüssel voll **Wasser**: es **schwimmt** unter lebhaftem Zischen auf dem Wasser und **brennt** dabei mit lebhafter, rother Flamme Nach dem Verbrennen scheint es verschwunden, in der That aber findet es sich im Wasser, jedoch nicht mehr als Kalium, sondern als Kaliumoxyd oder Kali, wie man leicht durch rothes Probirpapier erfahren kann, welches nun durch das Wasser gebläut wird. Es hat sich also während des Verbrennens mit Sauerstoff verbunden; diesen Sauerstoff nahm es vom Wasser und dabei entstand eine so heftige

Erhitzung, daß der zweite Bestandtheil des Wassers, das Wasserstoffgas, sich entzündete. Die rothe Farbe des letzteren rührt von Kaliumdampf her. Kalium zersetzt Wasser.

Zerschneidet man ein Stückchen Kalium, so erscheint es silberglänzend, es läuft aber sogleich an und verwandelt sich beim Liegen an feuchter Luft in kurzer Zeit in einen weißen Körper, in Kalihydrat. In diesem Falle entnimmt es den Sauerstoff aus der Luft.

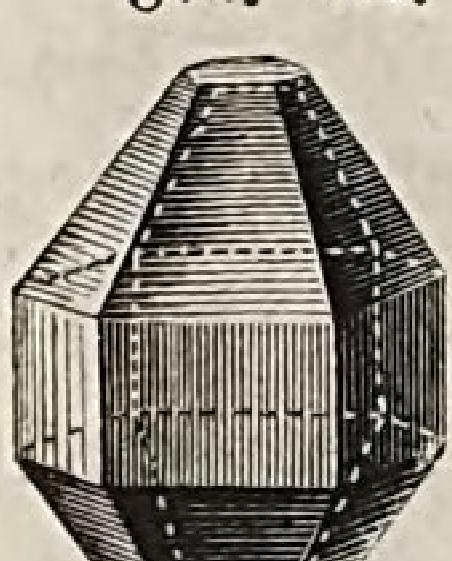
---

206. **Kalisalze.** Salze entstehen, wie schon früher erwähnt wurde, wenn sich eine Basis mit einer Sauerstoffsäure oder einer Wasserstoffsäure verbindet (Sauerstoffsalze und Haloidsalze). Da es Hunderte von Säuren giebt, so lassen sich auch Hunderte von Kalisalzen darstellen. Hier können nur diejenigen angeführt werden, die eine besondere Wichtigkeit für die Wissenschaft oder das Leben erlangt haben. Kalisalze.

**Schwefelsaures Kali** (KO, $SO_3$).

1 Loth **Pottasche** wird in 4 Loth warmem Wasser gelöst und mit verdünnter **Schwefelsäure** neutralisirt; die filtrirte Flüssigkeit dampft man ab, bis sich ein Salzhäutchen zeigt, und läßt sie einen Tag lang ruhig stehen. Die gewonnenen harten Krystalle, abgestumpfte, 6**seitige Doppelpyramiden**, Fig. 114, und andere Formen, sind schwefelsaures Kali; sie sind schwer löslich im Wasser und besitzen einen bitterlichen Geschmack. Dieses Salz macht einen Bestandtheil des bekannten Alauns aus. Schwefelsaures Kali; KO, $SO_3$.

Fig. 114.

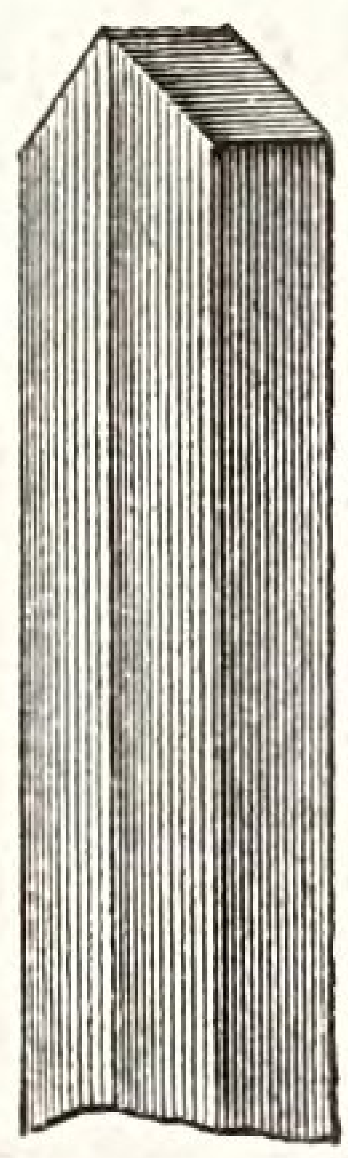


**Saures oder zweifach schwefelsaures Kali** (KO, 2 $SO_3$ + HO) wird als Nebenproduct bei der Bereitung der Salpetersäure aus Kalisalpeter erhalten (159.). Es enthält auf 1 Atom Basis 2 Atome Säure und schmeckt sehr sauer. Das zweite Atom Säure ist aber schwächer gebunden, als das erste; es kann durch starkes Glühen verjagt werden. Zweifach schwefelsaures Kali.

207. Salpeter oder salpetersaures Kali ($KO, NO_5$).

Salpeter; $KO, NO_5$. 1 Loth Pottasche wird in 2 Loth heißem Wasser gelöst und mit Salpetersäure neutralisirt; die Flüssigkeit wird nachher bis zum Kochen erhitzt, filtrirt und zum Erkalten hingestellt: es werden sich aus derselben säulenförmige Krystalle von Salpeter absetzen, die kühlend schmecken und sich an der Luft nicht verändern (Fig. 115).

Fig. 115.



### Versuche mit Salpeter.

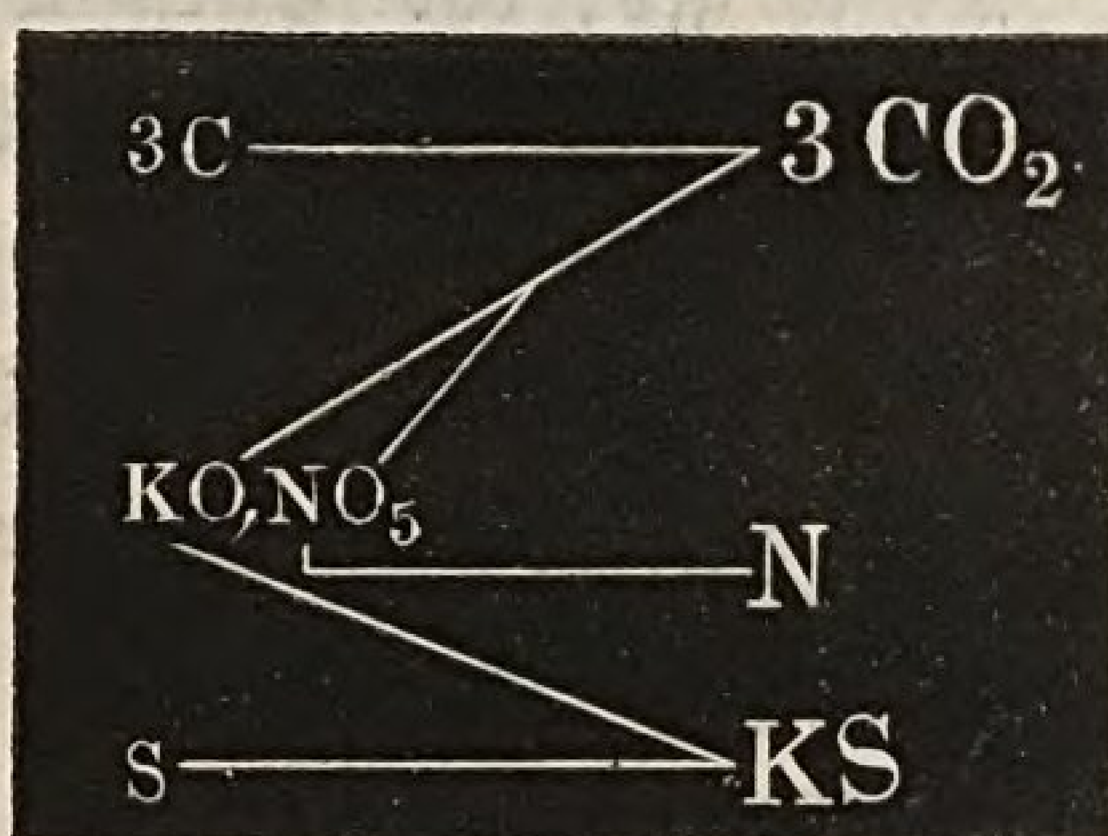
Salpeter giebt Sauerstoff ab. Versuch a. Man erhitze etwas Salpeter in einem Probirgläschen: er schmilzt; gießt man ihn tropfenweise auf einen kalten Stein aus, so erhält man Salpeterkügelchen. Bei stärkerem Erhitzen entweicht Sauerstoff, später auch Stickstoff; die Salpetersäure wird also dabei in ihre zwei Bestandtheile zerlegt.

Verpuffen des Salpeters. Versuch b. Legt man einen Salpeterkrystall auf eine glühende Kohle, so sprüht er lebhaft, er verpufft. Auch hiebei wird die Salpetersäure zersetzt und ihre plötzliche Verwandlung in zwei Luftarten ist die Ursache des erwähnten Sprühens. Der freiwerdende Sauerstoff findet aber in der Kohle einen Körper, mit dem er sich verbinden kann; die entweichenden Gasarten sind demnach Kohlensäure und Stickstoff. Ein Theil der gebildeten Kohlensäure vereinigt sich mit dem zurückbleibenden Kali. Aus $KO, NO_5$ und $2\frac{1}{2}$ C. entstehen $KO, CO_2$ ferner $1\frac{1}{2}\, CO_2$ und N. Die rückständige, auf der Kohle festgeschmolzene Salzmasse reagirt basisch und braust mit Säuren, sie ist kohlensaures Kali oder Pottasche. Körper, die leicht anbrennen sollen, werden oft mit einer Auflösung von Salpeter getränkt, z. B. Feuerschwamm, Lunten 2c.

Schießpulver. Versuch c. 6 Quentchen Salpeterpulver, 1 Quentchen Kohlenpulver und 1 Quentchen Schwefel werden in einem Mörser genau gemischt; man nennt dieses Pulver Mehlpulver. Einige Messerspitzen davon werden auf einen Stein geschüttet und durch einen glim-

menden Spahn entzündet: es entsteht eine lebhafte Verpuffung. Das Schießpulve
übrige Pulver stoße man mit einigen Tropfen Wasser so lange zusammen, bis ein Teig entsteht, den man durch einen blechernen Durchschlag drückt. Die erhaltene, fadenförmige Masse wird, wenn sie halbtrocken geworden, durch gelindes Reiben mit den Fingern zu kleinen Körnchen zertheilt; diese sind Schießpulver.

Versuch d. Man lege auf ein Stückchen Eisenblech etwas Schießpulver und entzünde es: die Verpuffung erfolgt noch schneller als bei dem Mehlpulver, weil das gekörnte Schießpulver lockerer auf einander liegt und viel mehr Zwischenräume läßt, als das pulverisirte. Man nahm bisher an, daß diese Verpuffung in der durch das beistehende




gasförmig.

gasförmig.

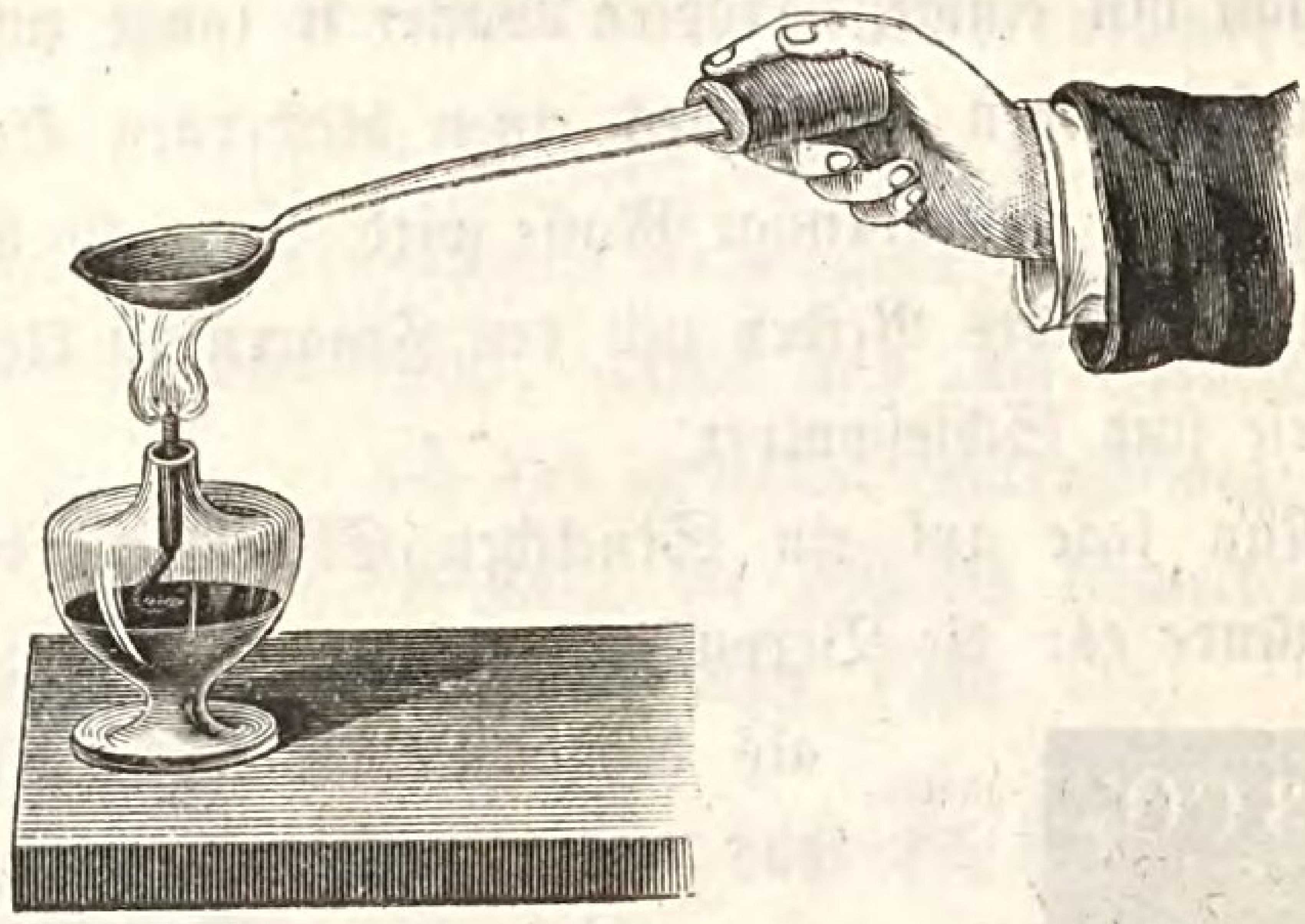
fest.

Schema verdeutlichten Weise, so nämlich erfolge, daß sich aus dem Kali des Salpeters Schwefelkalium erzeuge und dessen Sauerstoff auch noch zur Bildung von Kohlensäure verwendet werde. Neuere Untersuchungen haben jedoch gezeigt, daß die eintretende Zersetzung viel complicirter ist und daß der verbleibende feste Rückstand vorherrschend aus schwefelsaurem und kohlensaurem Kali mit nur sehr wenig Schwefelkalium besteht. Die erzeugten gasförmigen Verbrennungsproducte, welche während eines Augenblicks einen mehre tausendmal größern Raum einnehmen, bestehen vorherrschend aus Kohlensäure und Stickstoff, mit kleineren Mengen von Kohlenoxyd, Wasserstoff und Schwefelwasserstoff. Geht die Verpuffung des Schießpulvers in einem verschlossenen Raume, z. B. in einem Gewehre, vor sich, so wird sie zur Explosion oder Detonation, und die Gewalt, mit welcher sich die erzeugten Gasarten plötzlich ausdehnen, ist stark genug, um entweder die Kugel fortzuschleudern oder den Lauf des Gewehres zu zertrümmern. Der bei der Verbrennung bleibende Rückstand wird bald feucht an der Luft und riecht dann nach Schwefelwasserstoff (213); zugleich schwärzt sich das Eisenblech, weil es auf der Oberfläche zu Schwefeleisen wird (133). Gleiches geschieht mit den eisernen Läufen der Schießgewehre.

Oxydiren durch Salpeter.

**Versuch** e. Man mische 20 Gran Eisenpulver mit 10 Gran Salpeter und erhitze die Mischung in einem Blechlöffel, dessen Stiel man in einen Kork gesteckt hat: es erfolgt ein lebhaftes Erglühen des Gemenges; das Eisen wird durch den Sauerstoff der Salpetersäure oxydirt, während der Stickstoff entweicht Das übrig bleibende Kali kann durch Wasser aufgelöst werden. Der Salpeter eignet sich demnach sehr gut dazu, um aus Metallen Metalloxyde zu machen.

Fig. 116.



f) Wird Salpeter mit Schwefelsäure erhitzt, so entweicht die Salpetersäure (159.).

g) Thierische Stoffe werden durch Salpeter vor Fäulniß geschützt; man wendet ihn deswegen zum Einpöckeln des Fleisches an.

Darstellung des Salpeters.

Die Darstellung des Salpeters geschieht auf eine ganz eigenthümliche Weise. Man mengt nämlich thierische Stoffe, z. B. Fleisch- und Hauttheile, Haare 2c. mit Kalk und Erde, besprengt sie mit Wasser oder Urin und läßt sie langsam verwesen. Die thierischen Stoffe sind reich an Stickstoff, der bei der Verwesung als Ammoniak ($NH_3$) in Freiheit gesetzt wird, welches sich nach und nach mit dem Sauerstoff der Luft zu Salpetersäure (und Wasser) vereinigt, die sogleich durch den Kalk neutralisirt wird. Verwesen thierische Stoffe ohne Kalk oder eine andere starke Basis, so entsteht keine Salpetersäure, sondern nur Ammoniak; die starke Basis ist es also, die den Stickstoff dazu disponirt, sich mit dem Sauerstoff zu verbinden (146.). Nach Beendigung der Verwesung zieht man die Erde mit Wasser aus und erhält eine Lösung von salpetersaurem Kalk, welche durch Pottasche in lösliches salpetersaures Kali und unlöslichen kohlensauren Kalk umgewandelt wird Man nennt solche

Anlagen Salpeterplantagen. Außerdem bekommen wir auch Salpeter aus Ostindien, wo er sich in manchen kalihaltigen Kalksteinen von selbst bildet.

208. Chlorsaures Kali (KO, $ClO_5$).

Dieses Salz kann, wie schon seine Formel zeigt, gleichsam als ein Bruder des Salpeters angesehen werden; seine Gemüthsart aber ist, im Vergleich zu diesem, noch ungleich unbändiger und heftiger, da die Chlorsäure noch viel leichter zerlegt wird, als die Salpetersäure. Chlorf. Kali: KO, $ClO_5$.

Versuche mit chlorsaurem Kali.

**Versuch** a. Durch bloßes Erhitzen zerfällt das chlorsaure Kali sehr leicht in Sauerstoff und Chlorkalium; man benutzt es daher zur Sauerstoffbereitung, wie bei Nr. 59 gezeigt wurde.

**Versuch** b. Auf glühende Kohle gestreut, verpufft es noch lebhafter, als Salpeter; der freiwerdende Sauerstoff verursacht eine höchst energische Verbrennung der Kohle. Zur Bereitung von Schießpulver kann man dieses Salz nicht anwenden, weil durch die zu schnelle Verpuffung die Gewehre zu stark angegriffen werden; wohl aber ist es gerade deswegen sehr brauchbar in der Feuerwerkerei, insbesondere zur Hervorbringung von buntem Feuer. Beim Pulvern und Mischen desselben ist die größte Vorsicht zu beobachten, da es schon durch starkes Reiben und Stoßen explodiren kann. Will man es feinreiben, so muß man es jederzeit vorher mit einigen Tropfen Wasser anfeuchten; das Mischen mit anderen Stoffen nimmt man nur mit den Fingern vor.

**Versuch** c. Man streue einige Krümelchen chlorsaures Kali in ein Becherglas und gieße ein wenig Weingeist, und nach diesem einige Tropfen Schwefelsäure hinzu: die Schwefelsäure treibt die Chlorsäure aus, welche sogleich zerfällt; dabei entsteht eine solche Erhitzung, daß sich der Weingeist entzündet.

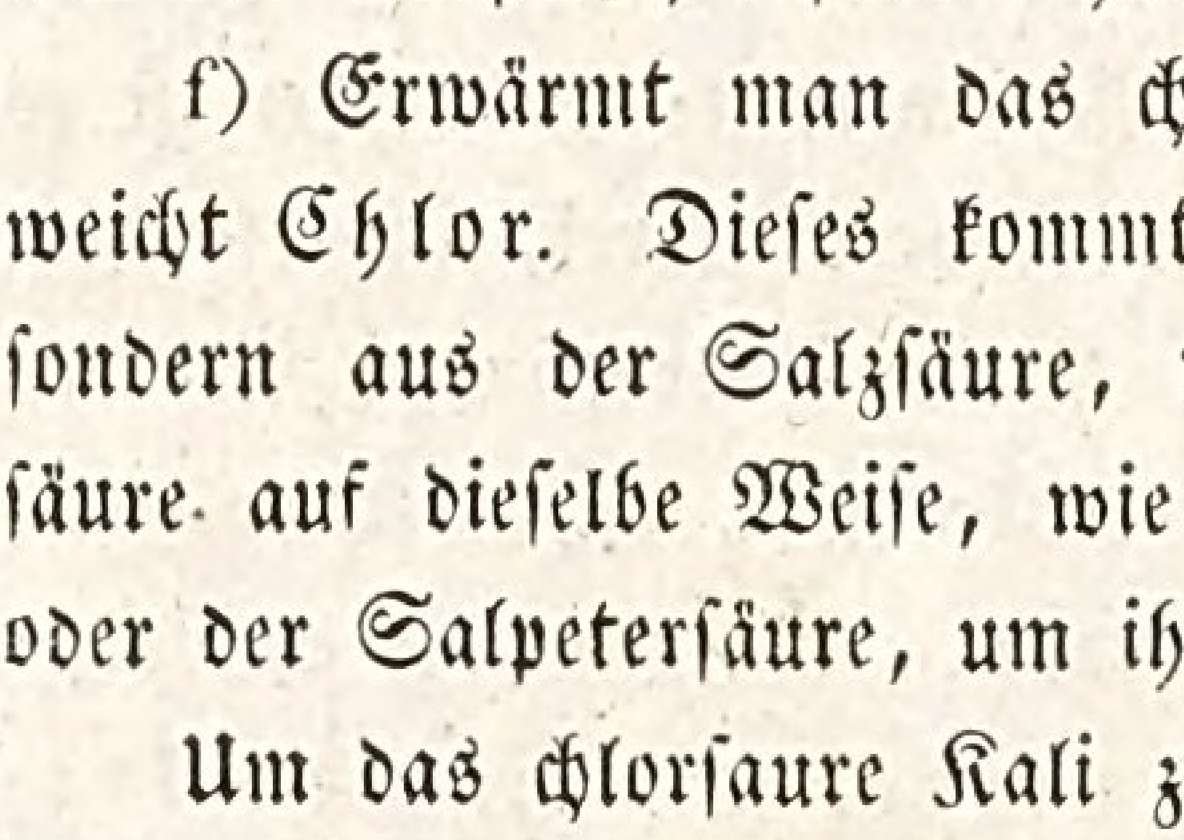
**Versuch** d. Man mische einige Krümelchen chlorsaures Kali zwischen den Fingern mit ungefähr der Hälfte Schwefelblumen Zündhölzchen

Zündhölzchen. und streue das Gemisch auf Schwefelsäure, die man in ein Bechergläschen gegossen hat: es entsteht ein lebhaftes Knistern und eine Entzündung des Schwefels. Dieser Versuch wird in etwas anderer Art oft genug in den Haushaltungen angestellt, wenn auch nicht gerade in der Absicht, um Chemie zu studiren. Es stellt ihn Jeder an, der mit dem sogenannten Fixfeuerzeuge ein Zündhölzchen anbrennt. Die rothe Masse an letzterem besteht aus chlorsaurem Kali und Schwefel, die man mit Zinnober roth gefärbt hat; in dem Zündfläschchen aber ist mit Schwefelsäure angefeuchteter Asbest. Der Asbest soll nur das zu tiefe Eintauchen der Zündhölzchen verhindern. 10 Thle. Schwefel, 8 Thle. Zucker, 5 Thle. Gummi arabicum, 2 Thle. Zinnober und 30 Thle. feingeriebenes chlorsaures Kali geben mit Wasser eine gute Zündmasse, mit welcher man die zuvor in geschmolzenen Schwefel getauchten Hölzchen überkleidet. Statt durch Schwefelsäure kann die Entzündung solcher Hölzchen auch durch auf Holz gestrichenen rothen Phosphor bewirkt werden (141.).

e) Mit Metallen erhitzt, kann das chlorsaure Kali, ähnlich wie der Salpeter, erstere oxydiren.

f) Erwärmt man das chlorsaure Kali mit Salzsäure, so entweicht Chlor. Dieses kommt aber nicht aus dem chlorsauren Kali, sondern aus der Salzsäure, welche durch den Sauerstoff der Chlorsäure auf dieselbe Weise, wie durch den Sauerstoff des Braunsteins oder der Salpetersäure, um ihren Wasserstoff gebracht wird.

Bereitung des chlors. Kali's. Um das chlorsaure Kali zu bereiten, leitet man Chlorgas in eine heiße Auflösung von Kali. Der Vorgang dabei wird sich aus dem nebenstehenden Schema erklären: es bilden sich gleichzeitig zwei Salze, Chlorkalium und chlorsaures Kali; ersteres ist leicht löslich, letzteres schwer löslich, sie lassen sich daher durch Krystallisiren von einander trennen.




schwer löslich.

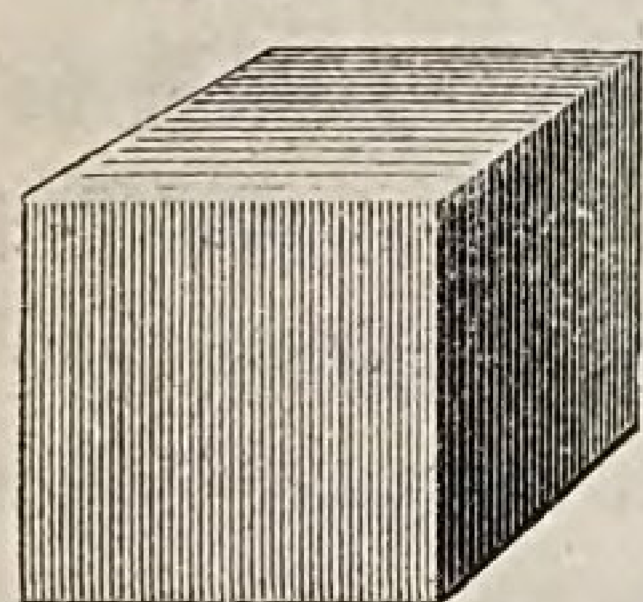
leicht löslich.

Kieselsaures Kali ist ein Hauptbestandtheil der meisten Felsarten und des Glases (204.)

209. Chlorkalium oder salzsaures Kali (KCl).

1 Loth Pottasche wird in Wasser gelöst und mit Salzsäure neutralisirt: aus der filtrirten Lösung setzen sich nach hinlänglichem Abdampfen würfelförmige Krystalle ab, welche ähnlich wie Kochsalz schmecken. Sie bestehen aus Kalium und Chlor. In Wasser aufgelöst kann man sie auch als salzsaures Kali betrachten, denn $KCl + HO$ ist eben dasselbe als $KO, HCl$. Chlorkalium.

Fig. 117.



210. Jodkalium oder jodwasserstoffsaures Kali (KJ). Jodkalium.

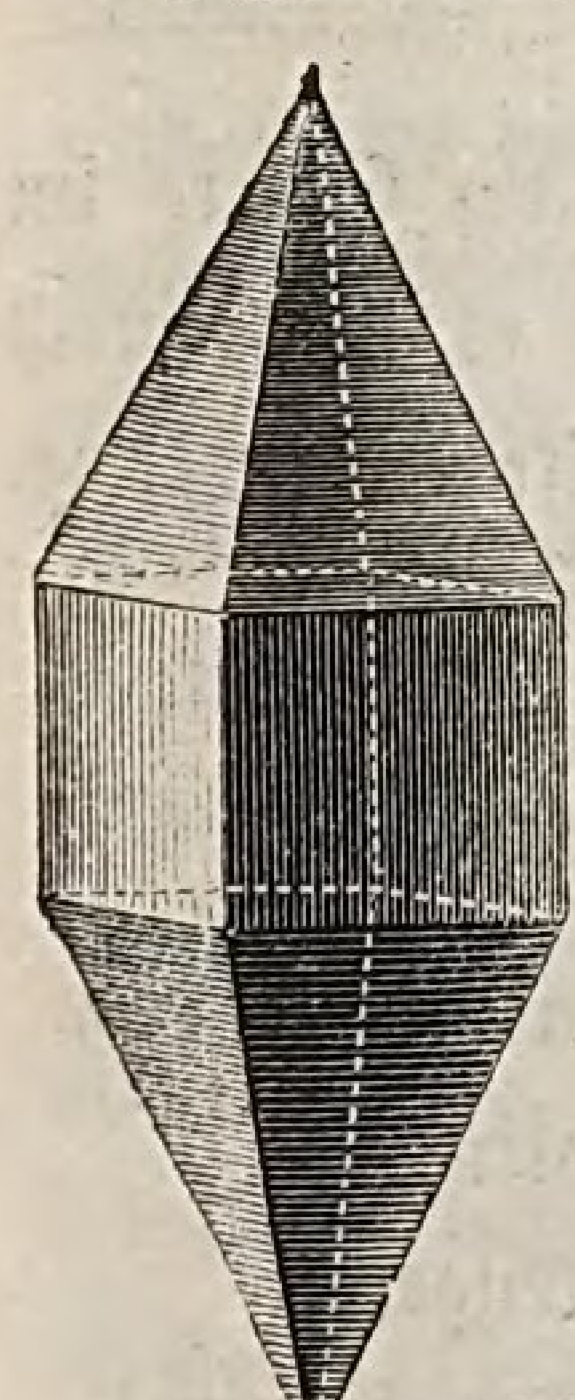
Dieses Salz krystallisirt ebenfalls in Würfeln, ist in Wasser leicht löslich und wird als ein wichtiges Arzneimittel benutzt.

**Versuch.** Um zu zeigen, daß in diesem weißen Salze wirklich Jod enthalten sei, erhitze man ein wenig davon mit etwas Braunstein und einigen Tropfen Schwefelsäure in einem Probirgläschen: es entweichen violette Dämpfe. Behandelt man Kochsalz auf dieselbe Weise, so erhält man bekanntlich Chlor. Der chemische Vorgang ist in beiden Fällen gleich.

211. Weinstein oder saures weinsteinsaures Kali ($KO, \overline{T}_2 + HO$).

Saures weinsaures Kali oder Weinstein.

Fig. 118.



Sauerampfer, Weinranken, unreife Weintrauben ꝛc. schmecken sauer; sie enthalten ein saures Salz, Weinstein (194.). Das Kali dazu nehmen diese Pflanzen aus dem Erdboden, die Weinsäure aber bereiten sie sich selbst in ihrem Innern auf eine uns noch unbekannte Weise. Auch die reifen Trauben enthalten Weinstein, der saure Geschmack wird aber darin durch den süßen des Zuckers verdeckt, und wir bemerken ihn daher erst dann, wenn der Zucker durch Gährung zu Weingeist, d. h. wenn der Most zu Wein geworden ist. Aus dem Weine setzt sich beim Lagern ein großer Theil des Weinsteins als eine steinartige, graue oder rothe Kruste ab (roher

Saures weinsaures Kali oder Weinstein.

Weinstein). Wird dieser von dem anhängenden Farbstoffe durch Umkrystallisiren gereinigt, so erhält man ihn in farblosen, an einander hängenden, zugespitzten 4seitigen Säulen krystallisirt (gereinigter Weinstein). Das Pulver davon ist unter dem Namen Cremor tartari bekannt genug. Der Weinstein ist sehr schwer löslich in Wasser. Daß er beim Erhitzen zu kohlensaurem Kali verbrennt, wurde schon bei der Weinsäure angegeben. Man stellt sich die reine Pottasche gewöhnlich aus Weinstein dar.

## Neutrales weinsaures Kali (KO, $\overline{T}$).

Neutr. weinsaures Kali.

Um dieses Salz zu bereiten, löse man 1 Loth reine Pottasche in 5 Loth Wasser auf, setze 2 Loth gereinigten Weinstein hinzu und lasse die Mischung unter öfterem Umrühren einen Tag lang an einem warmen Orte stehen. Die filtrirte Flüssigkeit giebt nach hinlänglichem Abdampfen säulenförmige Krystalle, oder beim Eindampfen bis zur Trockne ein weißes Salzpulver. Dieses Salz ist sehr leicht löslich, zugleich aber auch sehr leicht zersetzbar durch andere, selbst sehr schwache Säuren. Man vermische eine Lösung davon mit Essig: es fällt ein weißes Pulver, Cremor tartari, nieder. Das zweite Atom der Basis wird nämlich durch andere Säuren überaus leicht wieder weggenommen und dadurch das schwer lösliche saure Salz (Weinstein) wieder hergestellt.

Doppelsalze aus Weinstein.

Wie in dem vorigen Versuche das zweite Atom der Säure im Weinstein durch Kali neutralisirt wurde, so kann man es auch durch andere Basen neutralisiren. Man erhält auf diese Weise Doppelsalze, von denen mehre als wichtige Arzneimittel gebraucht werden.

Weinsaures Kali + weinsaures Wasser = Weinstein,
» » + » Natron = Natronweinstein,
» » + » Ammoniak = Ammoniakweinstein,
» » + » Eisenoxyd = Eisenweinstein (Stahlkugeln),
» » + » Antimonoxyd = Antimonweinstein, (Brechweinstein).

212. Kleesalz oder saures oxalsaures Kali ($KO, 2C_2O_3 + 2HO$).

Die Blätter des Sauerklee's haben auch einen sauren Geschmack; sie enthalten auch ein saures Salz; die Basis desselben ist auch Kali, die Säure aber nicht Weinsäure, sondern Kleesäure oder Oxalsäure. An den Orten, wo der Sauerklee häufig wächst, preßt man den Saft davon aus, und erhält durch Abdampfen und Umkrystallisiren das Salz in weißen, schwer löslichen Krystallen. Von diesem Salze ist schon in Nro. 197. die Rede gewesen; man benutzt es im gewöhnlichen Leben allgemein, um Tintenflecke aus der Wäsche zu machen. Kleesalz.

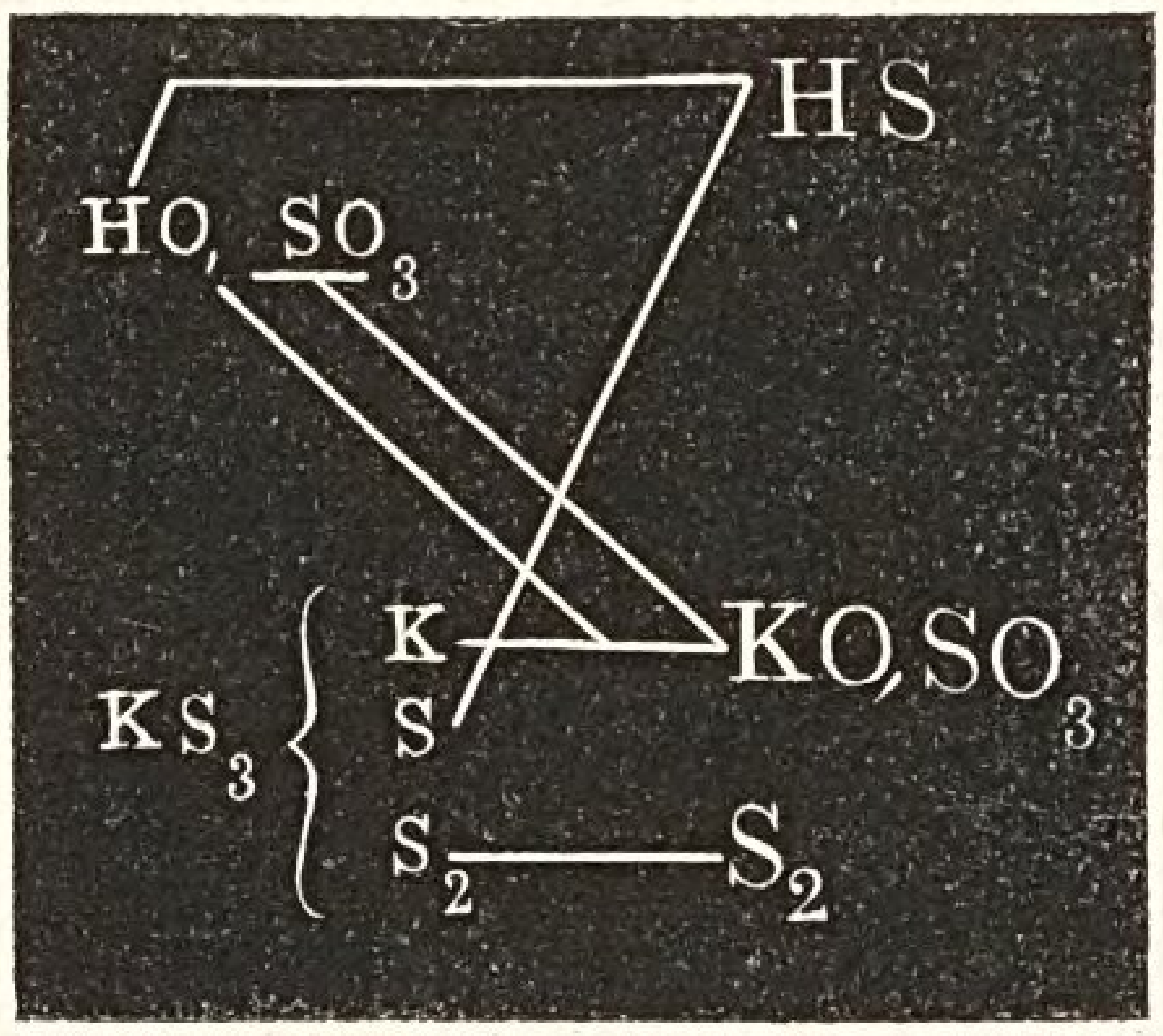
213. Schwefelleber oder Schwefelkalium ($3KS_3 + KO, SO_3$).

Versuch. Man bringe ein Gemisch von 1 Quentchen Schwefel und 2 Quentchen trockner Pottasche in einen Blechlöffel, bedecke diesen mit einem Blechstück und erhitze ihn, bis das Brausen aufgehört hat und die Masse ruhig fließt. Die geschmolzene Masse sieht leberfarbig aus, und man gab ihr deswegen den Namen Schwefelleber; sie wird auf einen Stein gegossen und, falls sie sich entzünden sollte, mit einem Töpfchen bedeckt, bis sie wieder ausgelöscht ist. Liegt sie einige Zeit an der Luft, so wird sie grünlich und feucht und entwickelt einen Geruch nach faulen Eiern. Der einfache Schwefel kann sich direct nicht mit der zusammengesetzten Pottasche verbinden, wohl aber dann, wenn diese ihre Kohlensäure und ihren Sauerstoff abgiebt. Dies geschieht. Die Kohlensäure entweicht unter Brausen, der Sauerstoff aber verbindet sich mit $\frac{1}{4}$ des Schwefels zu Schwefelsäure, die mit einem Theile des unzersetzten Kali's zu schwefelsaurem Kali zusammentritt. Die Schwefelleber ist demnach ein Gemenge von Schwefelkalium und schwefelsaurem Kali. Schwefelleber oder Schwefelkalium.

Versuch. In einem Probirgläschen werden einige Stückchen Schwefelleber mit Wasser übergossen: man erhält eine gelbgrüne Lösung. Tröpfelt man zu dieser verdünnte Schwefelsäure, so entsteht Zersetzung des Schwefelkaliums.

Zersetzung des Schwefelkaliums.

eine starke Entwicklung von Schwefelwasserstoffgas, und die Flüssigkeit wird milchig, weil sich $^2/_3$ des Schwefels niederschlagen




flüchtig.

löslich.

nicht löslich.

(Schwefelmilch). Hiebei findet eine Wasserzersetzung Statt; der Sauerstoff des Wassers macht das Kalium zu Kali, welches sich mit der Schwefelsäure vereinigt, der Wasserstoff aber entweicht mit $^1/_3$ des Schwefels als Schwefelwasserstoffgas. Aehnlich, nur ungleich langsamer, wirkt die Kohlensäure der Luft, und es erklärt sich hieraus, warum die Schwefelleber (ebenso der Rückstand beim Verbrennen des Schießpulvers) von selbst einen Geruch nach faulen Eiern entwickelt, wenn man sie an der Luft liegen läßt.

Die Schwefelleber wird hauptsächlich zur Bereitung von Schwefelbädern angewendet. Wie man auf nassem Wege ein ähnliches Präparat erhält, ist 129. gezeigt worden.

Außer der angegebenen Verbindung des **Kaliums** mit dem **Schwefel** giebt es noch mehre andere, theils mit mehr, theils mit weniger Schwefel. Die einfachste Schweflungsstufe des Kaliums (KS) erhält man, wenn schwefelsaures Kali mit Kohle geglüht wird, welche letztere den Sauerstoff sowohl vom Kali als von der Schwefelsäure wegnimmt, indem sie damit Kohlenoxyd bildet, welches entweicht. Auf gleiche Weise werden alle schwefelsauren Salze durch Glühen mit Kohle zu **Schwefelmetallen** reducirt.

Kalisalze düngen.

214. **Kalisalze als Düngmittel.** Die Kalisalze üben einen sehr wohlthätigen Einfluß auf die Fruchtbarkeit des Erdbodens aus, namentlich für solche Pflanzen, in deren Asche man Kalisalze in größerer Menge findet, wenn man sie verbrennt, z. B. für den Weinstock, Kartoffeln, Rüben u. s. w. Man kann solche Pflanzen **Kalipflanzen** nennen. Man weiß jetzt, daß die Pflanzen selbst in dem fettesten Boden nicht gedeihen, wenn sie darin nicht zugleich gewisse Basen (Kali, Kalk ꝛc.) und gewisse Säuren (Kieselsäure, Phosphor-

säure, Schwefelsäure ꝛc.) antreffen. Will man wissen, welche Säuren und Basen, oder was dasselbe ist, welche Salze eine bestimmte Pflanze zu ihrem Wachsthume braucht, so hat man nur nöthig, diese Pflanze zu verbrennen und die zurückbleibende Asche zu untersuchen. Die Stoffe, welche man darin findet, müssen, obgleich ihre Menge gewöhnlich nur sehr gering ist, als nothwendige Nahrungsmittel dieser Pflanze angesehen werden. Fehlt Kali in einem Boden, so gedeihen keine Rüben und kein Wein darin; fehlt demselben Kalk, so bringt er keinen Klee und keine Erbsen hervor. Durch Zusatz von Kalisalzen können wir einen solchen Boden wieder dahin bringen, daß er Kalipflanzen trägt; durch Kalkzusatz machen wir ihn wieder fruchtbar für Kalkpflanzen. Hierauf gründet sich die Wirkung der sogenannten mineralischen Düngemittel (Kalk, Gyps, Holzasche, Salz ꝛc.) auf unsere Felder. Auch der gewöhnliche Mist und die Jauche wirken zum Theil auf gleiche Weise, da sie reich sind an phosphorsauren wie an Kali- und Kalksalzen. Baut man ununterbrochen Rüben auf einem Acker, so wird endlich ein Mangel an Kali eintreten und es gedeihen keine Rüben mehr darauf; derselbe Fall tritt ein, wenn man Jahr aus Jahr ein so lange Klee oder Erbsen auf einem Felde zieht, bis aller auflösliche Kalk aus dem Boden aufgesogen ist. Wohl aber werden in dem letzteren Boden noch Rüben wachsen, wenn er noch genug Kali enthält; in dem ersteren aber Erbsen, wenn in ihm noch Kalk genug zugegen ist und es sonst an keinem der nothwendigen Nährbestandtheile fehlt. Aus diesem Verhalten erklärt sich zum Theil die Nützlichkeit des in der rationellen Landwirthschaft allgemein eingeführten Fruchtwechsels (Wechselwirthschaft). Kalisalze Düngen.

## Natrium (Na).

(At.-Gew. = 23 [Sodametall]. Specif. Gew. = 0,9.)

— 1807 von Davy entdeckt. —

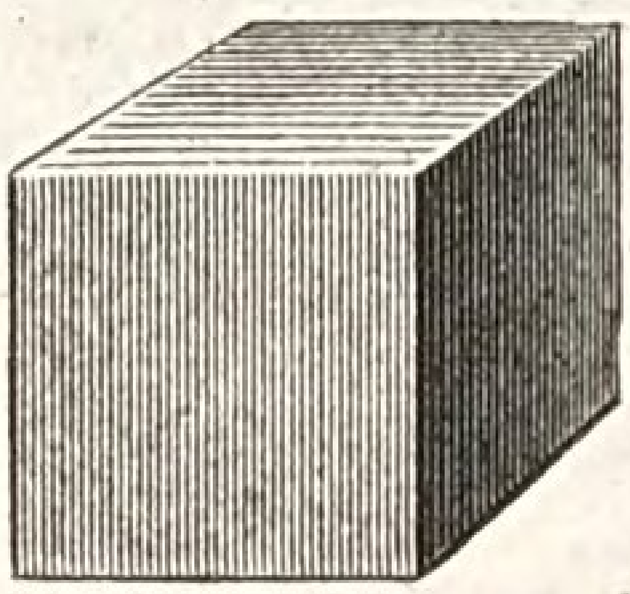
### Kochsalz, Chlornatrium oder salzsaures Natron (NaCl).

215. Versuch. Man schütte zu 2¾ Loth kaltem Wasser 1 Loth Kochsalz: es wird sich beim Umrühren vollständig auflösen; man Chlornatrium und Wasser.

Chlornatrium und Wasser.

setze noch etwas Salz hinzu: es wird nichts mehr davon gelöst. Der Versuch wird wiederholt, nur mit heißem statt kaltem Wasser: der Erfolg ist genau derselbe. Das Kochsalz hat die auffallende Eigenthümlichkeit, daß es in kaltem und heißem Wasser gleich löslich ist. Von fast allen anderen Salzen löst heißes Wasser mehr auf, als kaltes. Man stelle die eine dieser Auflösungen an einen warmen Ort: es bilden sich beim allmäligen Verdampfen regelmäßige, durchsichtige Würfel von Kochsalz. Die andere Auflösung wird in einem Schälchen unter Umrühren schnell eingekocht: sie giebt ein krümliches, undurchsichtiges Salzpulver (gestörte Krystalle). Wie zuletzt angegeben, verfährt man bei der Darstellung des Kochsalzes im Großen; daher die krümliche Beschaffenheit des gewöhnlichen Kochsalzes.

Fig. 119.



Chlornatrium mit Krystallwasser.

**Versuch.** Stellt man eine Kochsalzlösung bei starker Winterkälte in's Freie, so erzeugen sich in derselben durchsichtige, säulenförmige Krystalle, die über $\frac{1}{3}$ Wasser enthalten. Auf die Hand gelegt werden diese schnell trübe und zergehen zu einem Brei, in dem man zahllose kleine Würfel wahrnimmt. Dieser Versuch zeigt recht deutlich:

1) Wie ein und derselbe Körper bei verschiedener Temperatur verschiedene Gestalten annehmen kann; das Kochsalz krystallisirt gewöhnlich (wasserfrei) in Würfeln, in der Kälte (wasserhaltig) in Säulen;

2) Welchen großen Einfluß die Temperatur auf die Verwandtschaften der Körper zu einander hat. Ueber dem Eispunkte hat das Kochsalz keine Affinität zum Wasser, man erhält wasserfreie Würfel; unter dem Eispunkte hat es Affinität zu ihm, man erhält Säulen, die aus einer chemischen Verbindung von Kochsalz und Wasser bestehen;

3) Wie leicht manche chemische Verwandtschaftsbande wieder zerrissen werden können; die Wärme der Hand reicht schon hin, um die Affinität des Kochsalzes zum Wasser aufzuheben.

Chlornatrium in der Hitze.

**Versuch.** Man erhitze ein wenig Kochsalz auf einem Platinblech: es knistert lebhaft und wird zum Theil weggeschleudert; das übrig gebliebene schmilzt, wenn das Blech stark glüht. Das Ver-

knistern rührt von einer Spur Wasser (Verknisterungs- oder Decrepitationswasser) her, welches im Innern der Krystalle zurückgeblieben ist; beim Erhitzen dehnt sich dieses aus und sprengt die Krystalle auseinander. Chlornatrium in der Hitze.

Das Kochsalz wurde bei den früheren Versuchen schon zweimal künstlich dargestellt, nämlich einmal aus Natrium und Chlor (153.), dann aus Soda und Salzsäure (186.); seine Bestandtheile sind also schon bekannt. Es hat die Formel $NaCl$. Ist Wasser dabei, so kann man es auch als salzsaures Natron ansehen, denn $NaCl + HO$ ist dasselbe wie $NaO, HCl$. Bestandtheile des Chlornatriums.

216. Erde und Meer sind sehr reich an Kochsalz, wir haben daher keine große Mühe, es uns in großer Menge zu verschaffen. An manchen Orten findet es sich im Innern der Erde in mächtigen Lagern und man hat nur nöthig, es herauszubrechen und heraufzuschaffen. Dieses Salz sieht wie ein durchsichtiger Stein aus, und man nennt es deswegen Steinsalz. Da, wo das Steinsalz mit Steinen und Erden gemengt vorkommt, bohrt man ein Loch bis in die Mitte des Lagers, läßt Wasser hinablaufen und pumpt es wieder heraus, wenn es sich mit Kochsalz gesättigt hat. In der Bergmannssprache heißt Kochsalzlösung Salzsoole, daher der Name: künstliche Soole. Das Wasser wird durch Abdampfen wieder vertrieben. An anderen Orten findet man Quellen, die Kochsalz aufgelöst enthalten, sogenannte natürliche Soolen. Diese entstehen jedenfalls dadurch, daß das in die Erde einsickernde Wasser, welches an einer tieferen Stelle als Quell erscheint, unterwegs über ein Lager von Steinsalz hinwegläuft. Vorkommen des Chlornatriums.

Da die natürlichen Soolen gewöhnlich viel mehr Wasser enthalten, als zur Lösung des Salzes nöthig ist, so sucht man in den Salzsiedereien oder Salinen das Wasser zuerst auf eine billigere Weise als durch Feuer zu entfernen, nämlich durch Luftzug. Man pumpt das Salzwasser zu dem Ende auf ein hohes, mit Dornenreißig ausgelegtes Gerüste (Gradirhaus) und läßt es von da tropfenweise durch die Dornen herabfallen. Es breitet sich auf den Holzzweigen aus und bietet Salinen.

Salinen. auf diese Weise der durchziehenden Luft eine sehr große Oberfläche dar, wodurch eine rasche Verdunstung bewirkt wird. Alles natürliche Salzwasser enthält Gyps aufgelöst; dieser sondert sich, weil er schwer löslich ist, zuerst ab und überzieht die Zweige mit einer steinartigen Rinde (Dornenstein). Ist der größte Theil des Wasser verdunstet, so kocht man die concentrirte (starke) Soole unter stetem Umrühren in großen Pfannen vollends ein, schöpft das ausgeschiedene, krümliche Kochsalz aus und trocknet es. Während des Abdampfens setzt sich am Boden der Pfannen eine feste Salzkruste ab (Pfannenstein), welche hauptsächlich aus Glaubersalz und Gyps besteht und zur Gewinnung von Glaubersalz verwendet wird. Zuletzt bleibt eine dickliche Flüssigkeit übrig, sogenannte Mutterlauge, aus der sich kein Kochsalz weiter abscheidet; sie enthält die in der Soole vorhandenen leichtlöslichen, fremdartigen Salze, z. B. Chlorcalcium, Chlormagnesium und Brommagnesium, und wird zu Bädern und zur Darstellung von Brom benutzt.

Seesalz. In warmen Ländern bereitet man sich auch Kochsalz aus dem Seewasser, welches man in flachen Teichen durch die Wärme der Sonne austrocknen läßt. Dieses Salz heißt Seesalz und hat, weil es zugleich Bittererdesalze enthält, einen bitterlichen Geschmack. Ein Pfund Seewasser enthält ungefähr 1 — 1¼ Loth Kochsalz.

Bedeutung des Chlornatriums. 217. Kleine Mengen von Kochsalz finden sich fast in jedem Quellwasser, in jedem Erdboden, in jeder Pflanze. Sollen wir diese allgemeine Verbreitung des Kochsalzes für eine zufällige halten? Mit nichten. Das ist der hohe geistige Nutzen der Naturwissenschaften, daß wir durch sie in den wunderbaren Einrichtungen der Natur nicht das Spiel des Zufalls, sondern das Walten einer ewigen Weisheit erkennen lernen. Wir finden das Kochsalz überall in der Natur, weil es für das Leben der Thiere und Pflanzen unentbehrlich ist. Ohne Kochsalz erfolgt keine vollkommene Verdauung der Speisen in unserem Magen, wir halten es daher mit Recht für eine Universalwürze unserer Nahrungsmittel. Die Thiere finden es in dem Fleische und den Pflanzen, durch welche sie sich ernähren. Die Pflanzen em-

pfangen es aus dem Erdboden, wie durch den Regen, und es ist bekannt genug, daß wir durch Düngesalz, welches ein unreines Kochsalz ist, die Tragkraft unserer Felder in manchen Fällen erhöhen können.

*Bedeutung des Chlornatriums.*

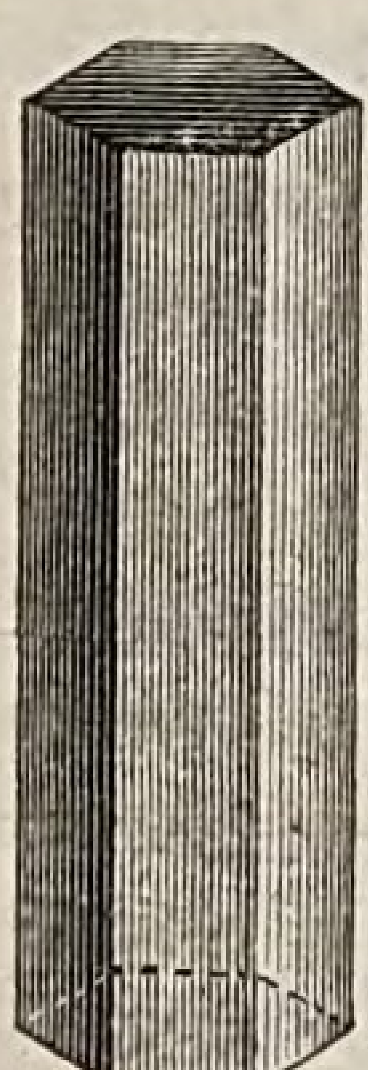
Vielfache Anwendung findet das Kochsalz auch zum Conserviren von Thier- und Pflanzenstoffen; es hat nämlich die Fähigkeit, die chemischen Zersetzungen, welche wir Fäulniß oder Verwesung nennen, aufzuhalten. Fleisch und Häringe werden eingesalzen; das Bauholz erhält eine längere Dauer, wenn es sich mit starkem Salzwasser durchzogen hat rc.

### 218. Glaubersalz oder schwefelsaures Natron ($NaO, SO_3 + 10HO$).

*Schwefelsaures Natron oder Glaubersalz.*

Wie man die meisten Kalisalze, Kali und Kalium aus der Pottasche darstellt, so bereitet man sich die meisten Natronsalze, Natron und Natrium aus dem Kochsalze. Hiebei sind aber oft Umwege einzuschlagen, da das Chlor nicht so leicht von dem Natrium wegzubringen ist, als die Kohlensäure von dem Kali. Zuerst verwandelt man immer das Chlornatrium in schwefelsaures Natron. Dieses Salz ist schon aus dem Vorigen bekannt, denn es bleibt bei der Salzsäurebereitung (185.) in der Retorte zurück, wenn man Kochsalz mit Schwefelsäure erhitzt. Im gewöhnlichen Leben wird es unter dem Namen Glaubersalz oft als ein beliebtes Arzneimittel eingenommen. Diesen Namen erhielt es nach seinem Entdecker, dem Arzte Glauber. Wir finden es auch in vielen Mineralwässern, z. B. in dem Carlsbader und Püllnaer Wasser, und in dem Pfannensteine der Salinen, wie bei dem Kochsalze angeführt wurde. Es ist leicht löslich, krystallisirt in vierseitigen und sechsseitigen Säulen, Fig. 120, und hat einen salzig-bitterlichen Geschmack.

Fig. 120.



*Schwefelsaures Natron verwittert.*

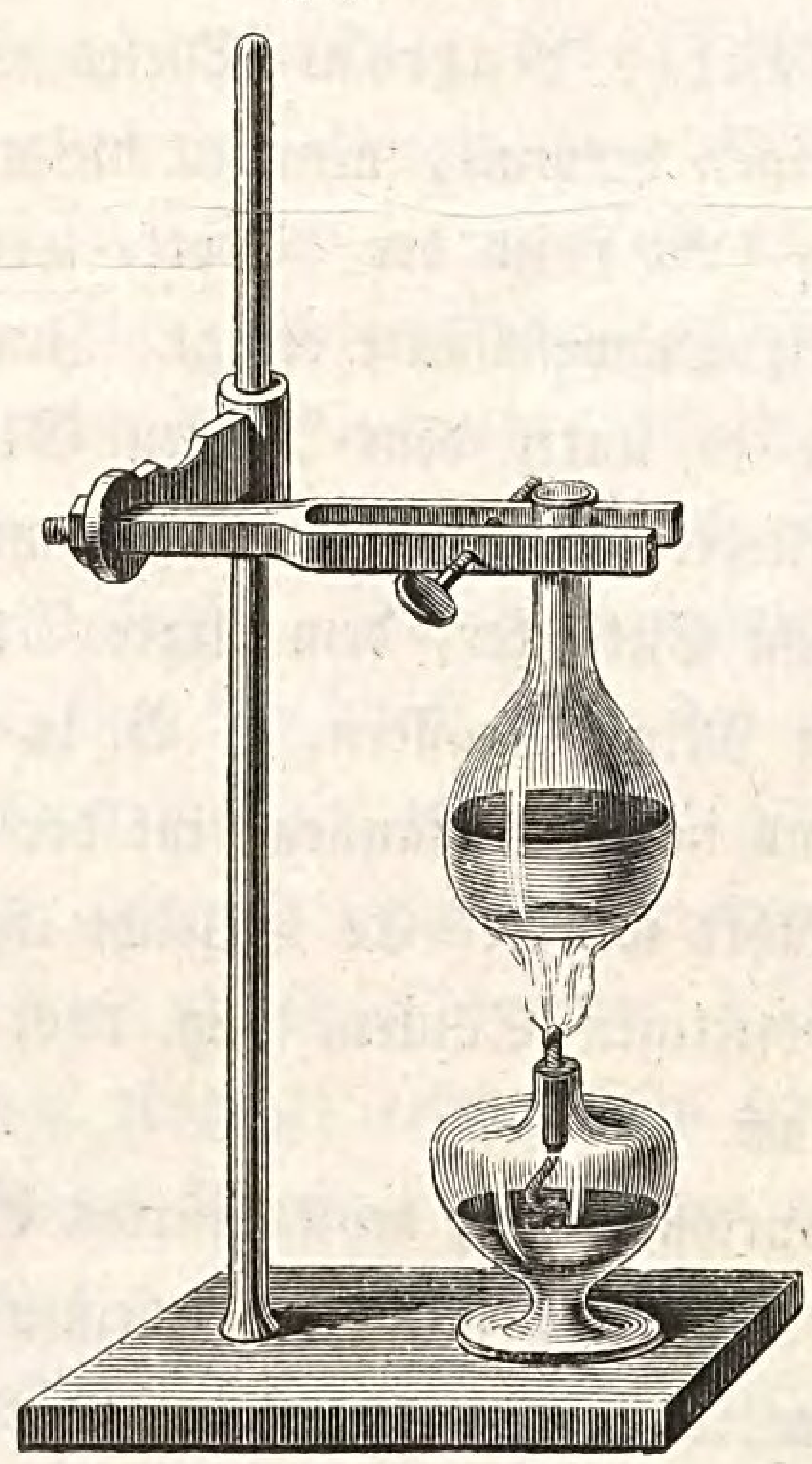
**Versuch.** Man lege 1 Loth durchsichtiges, krystallisirtes Glaubersalz an einen warmen Ort: es bedeckt sich mit einem weißen Beschlage und zerfällt endlich zu Pulver, es verwittert. Das erhal-

Schwefelsaures Natron verwittert. tene Pulver wiegt kaum noch ½ Loth. Was verloren gegangen, war Wasser; das Glaubersalz enthält über die Hälfte seines Gewichtes Krystallwasser. Man sieht hiebei recht deutlich, wie dieses chemisch gebundene Wasser es ist, was dem Salze seine Form und Durchsichtigkeit giebt; beide gehen verloren, so wie das Wasser durch die Wärme verdunstet, sie erscheinen aber wieder, wenn man das pulverige, wasserfreie Salz in kochendem Wasser löst und die Lösung erkalten läßt. Pottasche ist ein zerfließliches Salz, Kochsalz ein luftbeständiges, Glaubersalz ein verwitterndes. Salze, welche verwittern, müssen wohl verstopft an einem kühlen Orte aufbewahrt werden.

Schwefelsaures Natron in der Hitze. **Versuch.** Wird ein Glaubersalzkrystall auf Kohle durch das Löthrohr erhitzt, so schmilzt er bald, weil er sich in seinem Krystallwasser auflöst (wässeriger Fluß); dann wird er trocken, wenn das Wasser verjagt ist; endlich aber schmilzt er in der Glühhitze zum zweiten Male (feuriger Fluß). Bei den Salzen, welche kein Krystallwasser enthalten tritt nur die letzte Art des Schmelzens in der Hitze ein.

Schwefelsaures Natron und Wasser. **Versuch.** In einem kleinen Kochfläschchen erwärme man 1 Loth Wasser bis zu 33° und erhalte es bei dieser Temperatur, während man nach und nach so lange krystallisirtes Glaubersalz hinzusetzt, als dieses gelöst wird. Es werden sich über 3 Loth davon auflösen. Erhitzt man die gesättigte Auflösung stärker, so scheidet sich Salz aus (wasserfreie Krystalle); läßt man sie erkalten, so scheidet sich ebenfalls Salz aus (wasserhaltige Krystalle), — ein abermaliges Beispiel davon, wie sehr die Verwandtschaft des Wassers zu anderen Körpern mit der Temperatur wechselt. Das Glaubersalz hat die

Fig. 121.



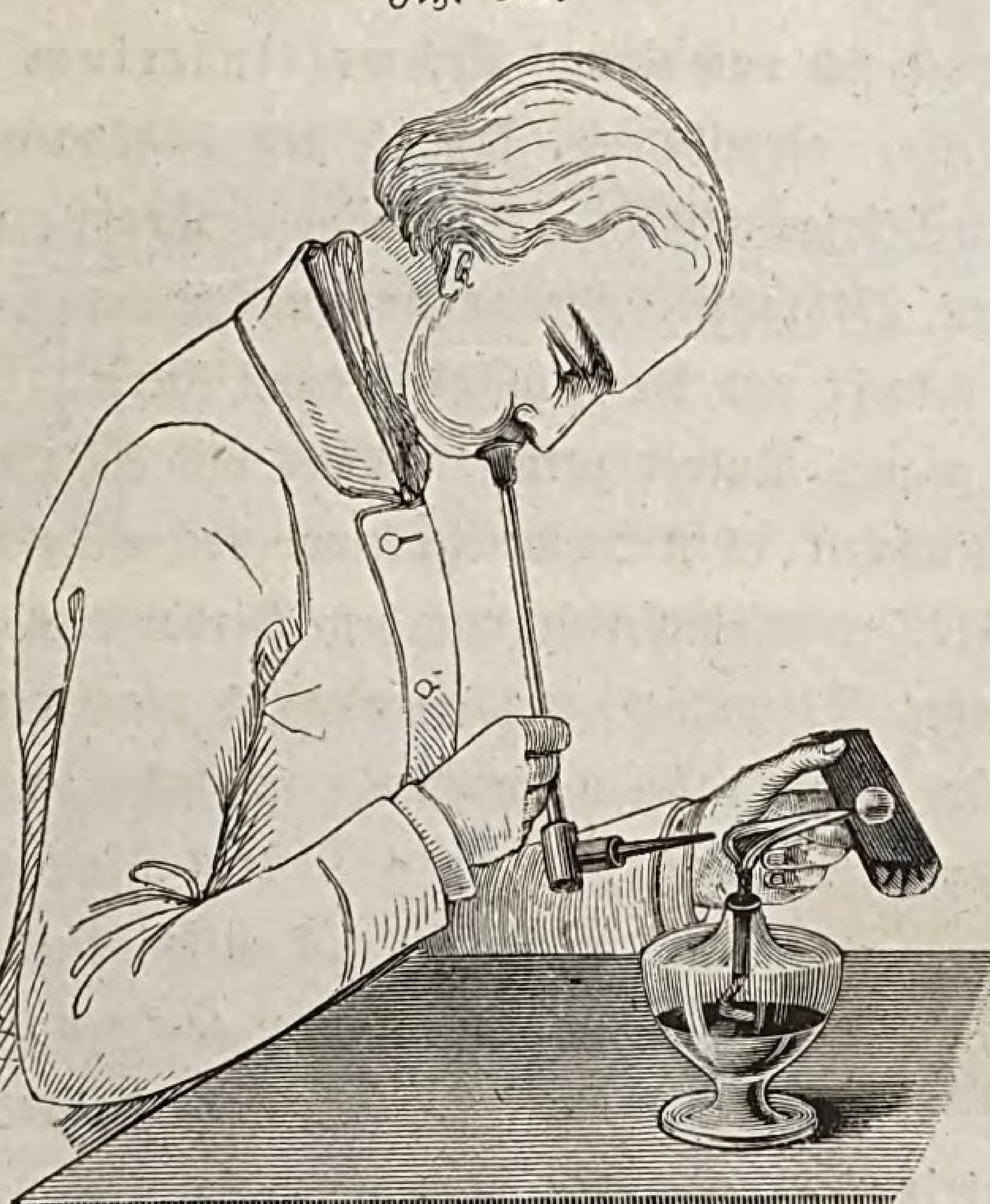
Eigenthümlichkeit, nicht beim Kochpunkte, sondern bei einer niedrigen Temperatur am löslichsten in Wasser zu sein. Schwefelsaures Natron und Wasser.

**Versuch.** Löst man krystallisirtes Glaubersalz in Wasser auf, so entsteht Kälte; löst man dagegen zerfallenes Glaubersalz in Wasser auf, so entsteht Wärme. Genau dasselbe wird man bemerken, wenn man den Versuch mit Soda, und zwar einmal mit krystallisirter und das andere Mal mit calcinirter anstellt. Woher kommt diese Wärme? Sie kommt aus dem Wasser, weil ein Theil desselben sich als Krystallwasser mit dem wasserfreien Glaubersalze oder der wasserfreien Soda verbindet. Es ist also eine ähnliche Erscheinung, wie beim Löschen des Kalkes (33.).

219. Schwefelnatrium ($NaS$).

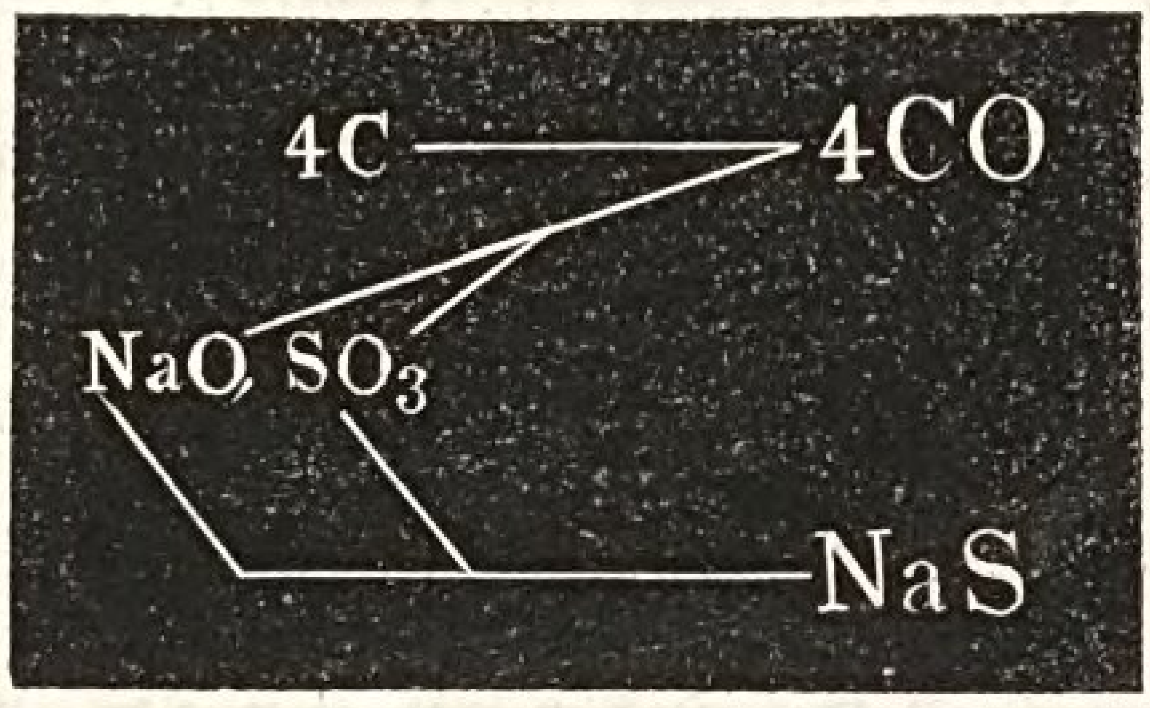
**Versuch.** Man menge eine Messerspitze wasserfreies Glaubersalz mit einer Messerspitze Kohlenpulver und erhitze das Gemisch auf einer Kohle durch das Löthrohr: es schmilzt unter lebhaftem Brausen zu einer braunen Masse zusammen, die sich in Wasser zu einer gelblichen Flüssigkeit auflöst. Die Kohle nimmt in der Glühhitze sowohl dem Natron als der Schwefelsäure den Sauerstoff weg und bildet damit Kohlenoxydgas, welches unter Brausen entweicht; Natrium und Schwefel bleiben mit einander verbunden zurück. Man sagt: die Kohle Schwefelnatrium.

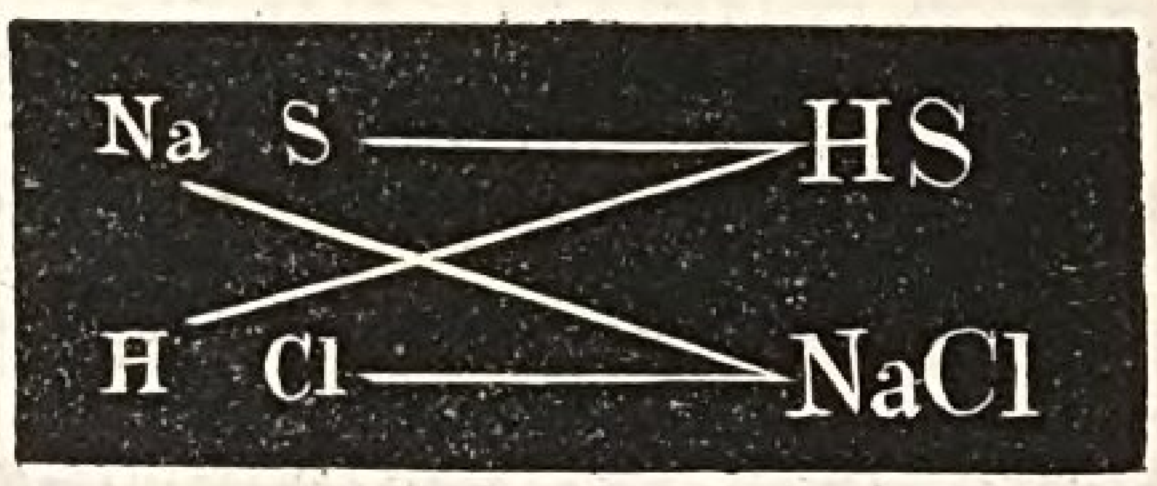
Fig. 122.



Schwefelnatrium.

desoxydirt oder reducirt das schwefelsaure Natron zu Schwefelnatrium (Natronschwefelleber).



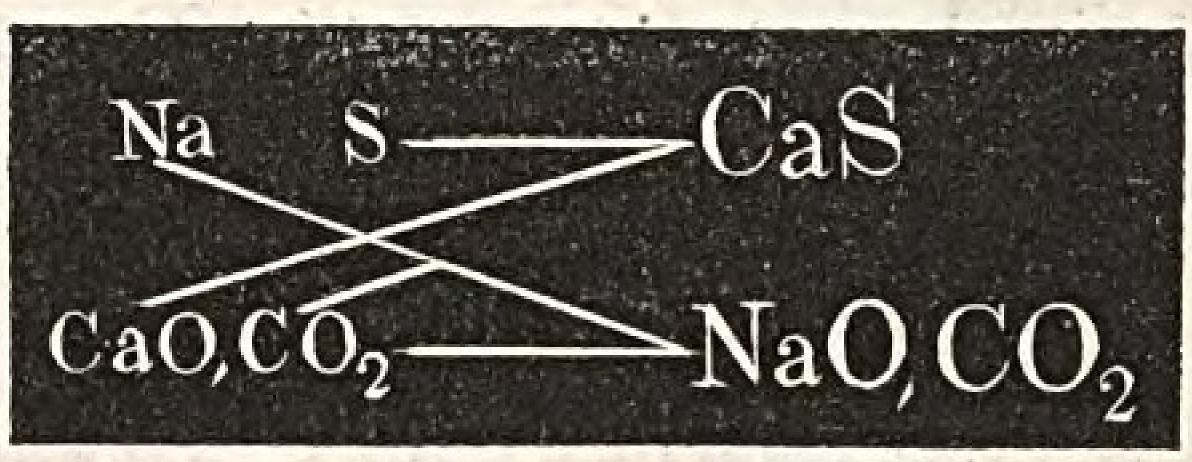




Tröpfelt man zu der Auflösung Salzsäure oder verdünnte Schwefelsäure, so entwickelt sich ein unangenehmer Geruch nach Schwefelwasserstoff, gerade wie dies bei der Kalischwefelleber (215.) zu bemerken war. Läßt man die Flüssigkeit nun auf einer Glastafel eintrocknen, so erhält man im ersteren Falle kleine Würfel von Kochsalz, im letzteren eine pulverige Salzkruste von Glaubersalz.

220. **Kohlensaures Natron oder Soda** ($NaO, CO_2 + 10HO$).
— 1793 von Leblanc zuerst aus Kochsalz dargestellt. —

Kohlensaures Natron oder Soda.

**Versuch.** Man bereite sich noch einmal Schwefelnatrium auf die eben angegebene Weise, verreibe es, sammt den anhängenden Kohlentheilchen, in einem Mörser mit ungefähr gleichviel Kreide und erhitze es wieder vor dem Löthrohre. Die zusammengebackene Salzmasse wird mit Wasser gekocht und die Flüssigkeit dann filtrirt. Auf dem Filtrum bleibt ein graues Pulver zurück, welches mit Salzsäure Schwefelwasserstoffgas entwickelt: es ist Schwefelcalcium (noch mit etwas Kalk verbunden). Die Flüssigkeit hinterläßt nach dem Verdampfen auf einer Glasplatte ein weißes Salzpulver, welches alkalisch reagirt und mit Salzsäure braust, ohne jedoch dabei unangenehm zu riechen: es ist kohlensaures Natron (Soda). Der Schwefel ist also an das Calcium der Kreide getreten, der Sauerstoff und die Kohlensäure der Kreide aber an das Natrium. Aus diesen Vorgängen kann man ersehen, daß man auch in der Chemie, wie im gewöhnlichen Leben, oft



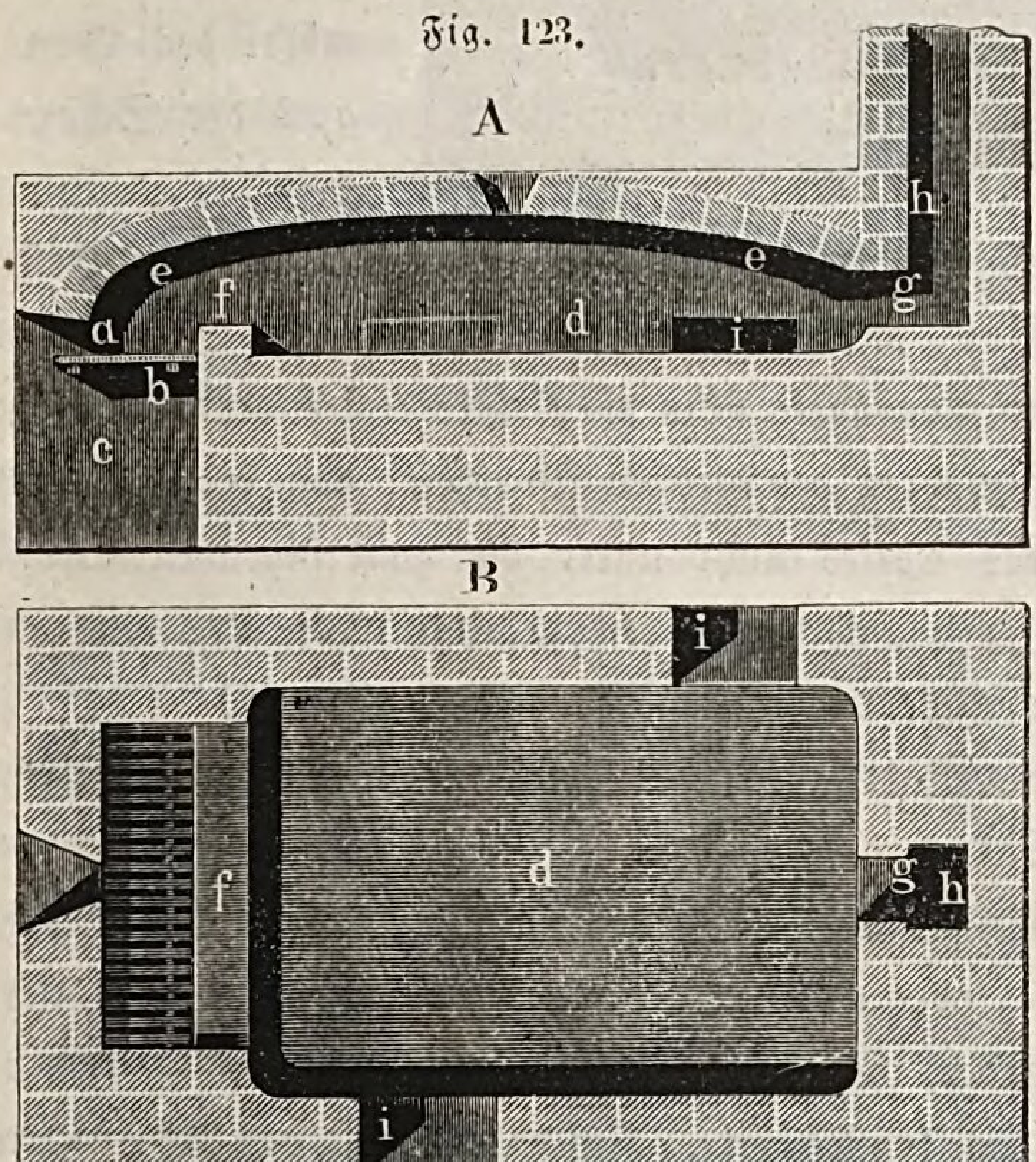
Kohlensaures Natron oder Soda.

auf Umwegen etwas erreichen kann, was auf geradem Wege nicht erreichbar ist. Das Natrium hat zum Chlor eine stärkere Affinität als zum Sauerstoff, wir können daher aus dem Kochsalze nicht direct Natron darstellen; wohl aber können wir durch Schwefelsäure leicht das Haloidsalz in ein Sauerstoffsalz, in schwefelsaures Natron umwandeln. Aus diesem läßt sich die starke Schwefelsäure nicht direct austreiben, wir zersetzen sie daher in Sauerstoff und Schwefel und entfernen nachher den Schwefel durch ein anderes Metall, durch Calcium, welches mit dem Schwefel eine unlösliche Verbindung bildet. Wir gewinnen zwar auch hiebei noch kein freies, sondern kohlensaures Natron, die Kohlensäure ist aber bekanntlich eine so schwache Säure, daß sie mit großer Leichtigkeit durch andere Säuren vertrieben, oder durch Aetzkalk weggenommen werden kann.

Sodafabrikation.

Da die Soda in ihren Eigenschaften fast ganz mit der Pottasche übereinkommt, und sich mit Vortheil statt der letzteren zum Waschen und Bleichen, wie zur Darstellung von Glas und Seife anwenden läßt, so bereitet man sie jetzt in großartiger Weise in chemischen Fabriken. Wir besitzen in Deutschland Sodafabriken, welche jährlich wol 10 — 12,000 Ctr. Soda liefern. Die Darstellungsmethode kommt ganz mit der schon angegebenen überein, nur verschmilzt man die oben ge=

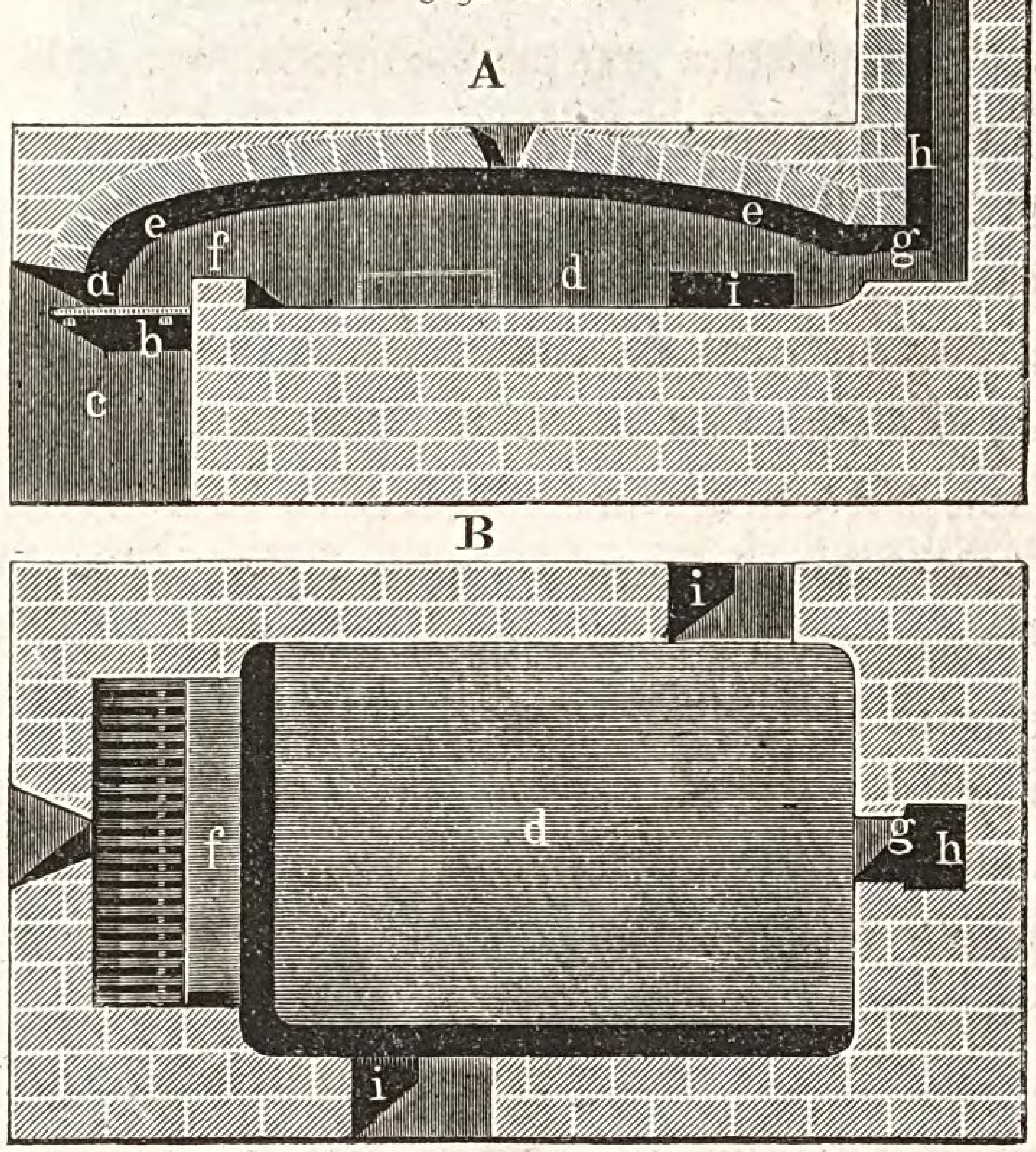
Fig. 123.



Sodafabrikation.

trennt dargestellten zwei Operationen in eine einzige; man setzt nämlich zu dem Glaubersalze und der Kohle sogleich Kreide oder Kalkstein hinzu und erhitzt das Gemenge. Das Erhitzen geschieht in großen backofenförmigen Oefen von beistehender Figur. *a* ist die Feuerungsthür, *b* der Rost, c der Aschenfall, *d* die Heerdplatte, auf welche das Gemenge geschüttet wird, *e* das Gewölbe des Ofens, *g*, *h* der Schornstein, *ii* Oeffnungen zum Umrühren und Herausnehmen desselben. Solche Oefen heißen Flammenöfen, weil das Erhitzen nicht durch das Brennmaterial selbst, sondern nur durch die über die Brücke *f* streichende Flamme bewirkt wird; sie gewähren den großen Vortheil, daß die Asche der Steinkohlen oder des Torfes nicht unter die zu erhitzenden Stoffe kommen kann. — In manchen Ländern gewinnt man auch eine unreine Soda aus der Asche von Seepflanzen (Kelp, Varec).

Fig. 124.




Soda, kryst. u. calcinirte.

Das kohlensaure Natron besteht aus gleichen Atomen Natron und Kohlensäure. Man hat es im Handel entweder krystallisirt — dann enthält es über die Hälfte Krystallwasser (10 Atome) und verwittert sehr leicht —, oder calcinirt, d. h. geglüht, also ohne Wasser. Das letztere ist demnach, wenn es rein vorkommt, mehr als noch einmal so stark, als das krystallisirte. Im Wasser ist das kohlensaure Natron leicht löslich. Manche Mineralwässer, z. B. das Carlsbader,

enthalten große Mengen davon aufgelöst; das sogenannte Carlsbader Salz, welches man durch Abdampfen des Carlsbader Wassers erhält, ist ein Gemenge von kohlensaurem und schwefelsaurem Natron. Soda in Mineralwässern.

Zweifach oder doppelt kohlensaures Natron ($NaO, 2CO_2 + HO$).

Dieses Salz ist schwerer löslich als das vorige, und wird häufig zu Brausepulvern gebraucht, weil es mit Säuren noch einmal so viel Kohlensäure entwickelt, als das einfach kohlensaure Natron. Um Brausepulver darzustellen, verreibt man 2 Theile Weinsteinsäure und 3 Theile zweifach kohlensaures Natron mit einander. Wirft man dieses Gemisch in Wasser, so bildet sich weinsteinsaures Natron und die Kohlensäure entweicht. Die jetzt so verbreiteten getheilten Brausepulver enthalten gewöhnlich 20 Gran feingeriebene Weinsteinsäure in weißem Papier und 30 Gran feingeriebenes doppelt kohlensaures Natron in rother oder blauer Papierkapsel. Beim Erhitzen verhält sich dieses Salz wie das doppelt kohlensaure Kali. Doppelt kohlensaures Natron.

221. Natron oder Natriumoxyd ($NaO$).

Nimmt man der Soda die Kohlensäure, so bleibt Natron (Natriumoxyd) übrig. Dies geschieht durch Kochen einer Sodalösung mit gebranntem Kalk, gerade so, wie es bei dem Kali (203.) angegeben worden ist. Die Flüssigkeit, die man auf diese Weise erhält, heißt Aetznatronlauge und hinterläßt nach dem Abdampfen trocknes kaustisches oder ätzendes Natron. Dieses enthält, wie das Aetzkali, noch 1 Atom Wasser, welches es selbst beim Glühen nicht abgiebt; man bezeichnet es daher richtiger mit dem Namen Natronhydrat ($NaO, HO$). Das Natronhydrat wirkt ätzend, giebt mit Fetten Seifen, und zwar harte, mit Sand geschmolzen Glas, und ist eine sehr starke Basis, ganz ähnlich, wie das Aetzkali, dem es beim Gebrauche im gewerblichen Leben gegenwärtig oft vorgezogen wird. Aetznatron: $NaO$. Natronhydrat

222. Natrium ($Na$).

Entzieht man dem Natron seinen Sauerstoff, so erhält man Natriummetall. Dieses Metall wird wie das Kalium bereitet, hat auch mit diesem die größte Aehnlichkeit, nur wirkt es nicht ganz so Natrium: $Na$.

223



heftig auf andere Körper, z. B. auf Wasser. Auf kaltem Wasser oxydirt es sich ohne Flamme, auf heißem aber entzündet sich der entweichende Wasserstoff und verbrennt mit gelber Flamme.

Na Cl / Na O, $SO_3$ / Na S / Na O, $CO_2$ / Na O / Na.

Wir sind jetzt von dem verbreitetsten Natriumsalze, dem Kochsalze, bis zum einfachen Natrium in der Reihefolge aufgestiegen, die man zu beobachten hat, wenn man sich diese Körper wirklich darstellen will. Ein flüchtiger Rückblick möge dieselbe noch einmal in's Gedächtniß zurückrufen: Aus Kochsalz oder Chlornatrium wird schwefelsaures Natron, aus diesem Schwefelnatrium, daraus kohlensaures Natron, dann Natron und endlich Natrium.

Von den übrigen Salzen, welche das Natron mit Säuren bildet, sind noch folgende zu erwähnen:

### 223. Phosphorsaures (c oder dreibasisches) Natron. (Gewöhnliches phosphorsaures Natron.)

Natron und Phosphorsäure

**Versuch.** Man neutralisire 1 Loth in Wasser gelöste Soda mit aus Knochen bereiteter (kalkhaltiger) Phosphorsäure und verdampfe die von dem sich hiebei ausscheidenden phosphorsauren Kalk abfiltrirte Flüssigkeit bis zum Salzhäutchen: es werden beim Erkalten sich daraus durchsichtige Krystalle absetzen, die über die Hälfte Krystallwasser enthalten, leicht verwittern und mit Silberauflösung einen gelben Niederschlag geben.

**Versuch.** Von dem erhaltenen c phosphorsauren Natron lasse man einige Krystalle an einem warmen Orte verwittern und erhitze sie nachher in einem Porcellantiegel bis zum Glühen. Nach dem Erkalten wird die geglühte Masse in Wasser gelöst und die Lösung verdampft: man erhält ein Salz, das weit weniger Krystallwasser enthält, als das vorige, nicht mehr verwittert und mit Silberlösung einen weißen Niederschlag giebt; es hat den Namen

Fig. 125.

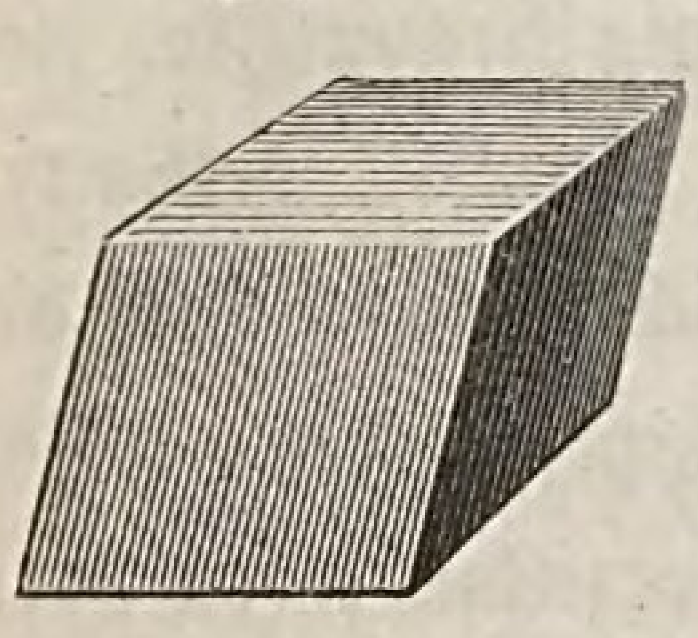


paraphosphorsaures (b oder zweibasisches) Natron erhalten. Man ersieht aus diesem Beispiele, wie die Verwandtschaft eines Salzes zum Wasser durch Glühen geschwächt werden kann, und wie die Eigenschaften eines Salzes verändert werden, je nachdem dasselbe mehr oder weniger chemisch gebundenes Wasser enthält. Die Phosphorsäure hat die Eigenthümlichkeit, daß sie sich je nach ihrer Bereitung und Behandlung mit 1, 2 oder 3 Atomen Basis zu verbinden vermag; sie giebt daher mit den Basen drei besondere Reihen von Salzen (a, b und c Salze). Natron und Phosphorsäure.

224. Salpetersaures Natron ($NaO, NO_5$).

Versuch. 1 Loth Soda wird in wenig heißem Wasser gelöst und mit Salpetersäure neutralisirt; nach dem Abdampfen bis zum Salzhäutchen scheiden sich Krystalle aus von der Form eines verschobenen Würfels (Rhomboëder); sie sind salpetersaures Natron (Natronsalpeter). Auf Kohle verpuffen dieselben wie Kalisalpeter, nur etwas langsamer, haben auch im Uebrigen die größte Aehnlichkeit mit letzterem. Von diesem Salze finden sich in Amerika, namentlich in Chili und Peru, große Lager in der Erde, und wir bekommen ganze Schiffsladungen davon unter dem Namen Chilisalpeter nach Europa und benutzen es, statt des theurern Kalisalpeters, zur Darstellung von Salpetersäure und anderer salpetersaurer Salze, sowie neuerdings auch als Düngemittel von stark treibender Kraft. Zur Bereitung von Schießpulver eignet es sich nicht, weil das so bereitete Pulver feucht wird und zu langsam verpufft. Natron und Salpetersäure.

Fig. 126.



225. Borsaures Natron (Borax) ($NaO, 2BO_3 + 10HO$).

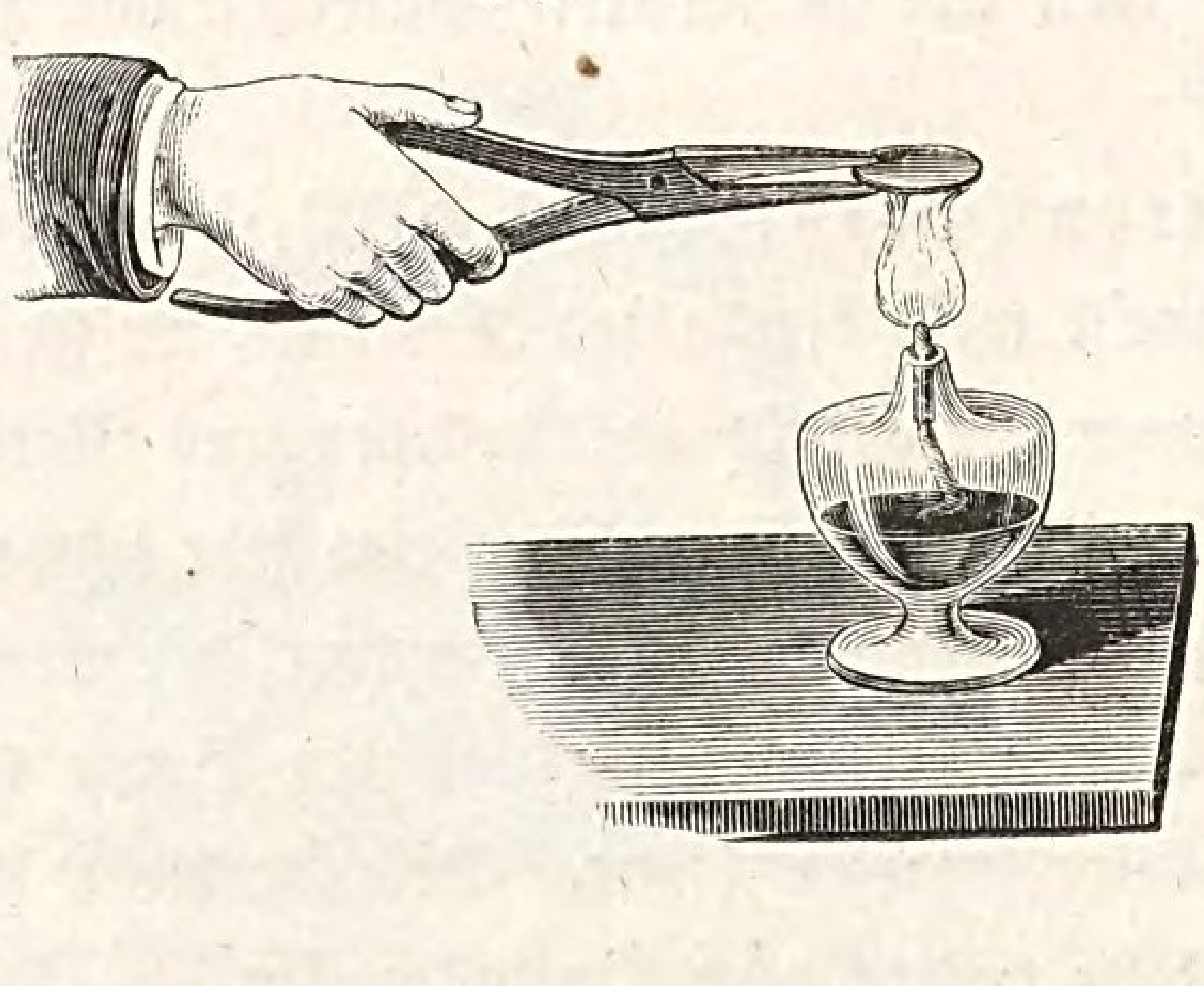
Die harten, farblosen, meist weiß bestäubten Krystalle, welche im gewöhnlichen Leben den Namen Borax führen, bestehen aus Natron und Borsäure. Die Borsäure ist auf nassem Wege eine sehr schwache Säure; daher kommt es, daß sie, ähnlich der Kohlensäure, die Eigenschaften des Natrons nicht ganz verdecken kann und der Borax laugenhaft schmeckt und rothes Probirpapier bläut. Beinahe die Hälfte des Gewichts der Boraxkrystalle besteht aus Krystallwasser. Borax.

Borax. **Versuch.** Man erhitze etwas Boraxpulver auf Platindraht vor dem Löthrohre: es blähet sich durch den Dampf des entweichenden Krystallwassers zu einer lockeren, schwammigen Masse auf; bei fortgesetztem Erhitzen schmilzt diese zu einer durchsichtigen Glasperle zusammen. Man feuchte die Glasperle mit der Zunge an, drücke sie auf Bleiglätte, damit von letzterer etwas daran hängen bleibe, und halte sie wieder in die äußere Löthrohrflamme: das Bleioxyd wird aufgelöst; die Perle bleibt farblos und durchsichtig. Stellt man gleiche Schmelzproben mit Borax und anderen Metalloxyden an, so wird man gleichfalls eine Lösung der Oxyde, zugleich aber eine Färbung der Perle bemerken, nämlich eine gelbrothe durch Eisenoxyd und Antimonoxyd, eine grüne durch Kupfer- und Chromoxyd, eine blaue durch Kobaltoxyd, eine violette durch wenig Braunstein, eine braunschwarze durch viel Braunstein 2c. Wie hier, so verhalten sich diese Metalloxyde auch, wenn sie auf gewöhnliches Glas oder auf Thonwaaren gestrichen und bis zum Schmelzen erhitzt werden. Man nennt sie deswegen Schmelz- oder Glas- und Porzellanfarben (borsaure oder kieselsaure Metalloxyde).

Löthen mit Borax. Wegen der Eigenschaft des Borax, Metalloxyde aufzulösen, benutzt man ihn in der Chemie zur Erkennung von Metalloxyden durch Löthrohrversuche, im gewerblichen Leben aber zum Verbinden eines Metalles mit einem anderen, zum Löthen.

**Versuch.** Auf einen Kupferpfennig, den man mit einer Zange in eine Spiritusflamme hält, lege man ein Stückchen Zinn und einen Eisendraht: das Zinn wird zwar schmelzen, aber weder an dem Kupfer noch Eisen festhaften. Nun wiederhole man den Versuch, bestreiche aber zuvor die

Fig. 127.



Kupfermünze und den Draht mit einem Brei aus Boraxpulver und Wasser: der Erfolg ist jetzt ein ganz anderer, denn das schmelzende Zinn vereinigt sich mit beiden Metallen und der Draht erscheint nach dem Erkalten auf der Münze festgelöthet. Die Erklärung dieses verschiedenen Verhaltens ist folgende: Metalle haften nur an Metallen, wenn sie reine, glänzende Oberflächen haben; die reine Oberfläche geht beim Erhitzen der Metalle verloren, weil sich durch den Sauerstoff der Luft eine Oxydschicht auf ihnen bildet, sie wird aber wieder hergestellt durch den Borax, der, wenn er schmilzt, das entstandene Oxyd auflöst. Löthen mit Borax.

Der Borax findet sich fertig gebildet in manchen Seen in Asien (Tinkal); man bereitet ihn jetzt aber auch aus der Borsäure, die aus einigen heißen Quellen Italiens gewonnen wird, indem man diese mit Natron neutralisirt.

## 226. Glas (Kieselsäure verbunden mit Basen).

Wie die Borsäure mit dem Natron eine Verbindung darstellt, die in der Hitze glasartig wird, so giebt auch die der Borsäure sehr ähnliche Kieselsäure (Kieselerde) mit dem Natron, ja auch mit anderen Basen, z. B. mit Kali, Kalk, Bleioxyd, Eisenoxyd 2c., glasige (amorphe) Verbindungen. Was wir im gewöhnlichen Leben Glas, Glasur, Email und Schlacke nennen, gehört hieher. Glas.

**Versuch.** Man schmelze etwas Pottasche oder Soda auf einem Platindrahte vor dem Löthrohre und bringe dann ein wenig feingeriebenen Sand hinzu: es entsteht ein Aufbrausen und später eine klare Perle. Bei wenig Sand läßt sich das entstandene Glas (basisch kieselsaures Kali oder Natron) durch lange anhaltendes Kochen in Wasser auflösen; es heißt dann Wasserglas (204.). Bei mehr Sand erhält man ein Glas (saures kieselsaures Kali oder Natron), das sich nur sehr schwer in Wasser löst. Ganz unlöslich, nicht nur in Wasser, sondern auch in Säuren, wird jedoch das Glas erst dann, wenn man außer Kali und Natron noch eine andere, erdige oder me- Lösliches Glas. Schwerlösl. Glas.

226



tallische Basis, z. B. Kalk oder Bleioxyd, hinzusetzt. So erzeugt man sich das gewöhnliche Glas in den Glashütten.

Glasfabrikation. Die Materialien, welche hauptsächlich zur Glasfabrikation angewendet werden, sind: a) Quarz, Feuerstein (Flint) oder Sand, b) Pottasche oder Holzasche, c) Soda oder Glaubersalz, d) Kalk oder Kreide, e) Bleiglätte oder Mennige. Diese Substanzen werden feingemahlen mit einander gemengt, in Thontöpfe (Häfen) geschüttet und in einem Ofen so lange erhitzt, bis die Masse gleichmäßig flüssig geworden ist. In diesem Zustande läßt sie sich wie Wachs ausdehnen und biegen, ausgießen und in Formen pressen, zerschneiden und aufblasen und sonach zu allen möglichen Gegenständen verarbeiten; beim Erkalten wird sie spröde und hart. Um die Sprödigkeit in etwas zu vermindern, muß man die Glassachen sehr langsam abkühlen. Schnell erkaltete Glasgefäße springen oft schon, wenn man sie aus einem warmen Zimmer in ein kaltes trägt; durch langsames Erwärmen solcher Gefäße in einem Kessel mit Wasser bis zum Kochen des letzteren und nachheriges sehr langsames Abkühlen läßt sich dieser Fehler einigermaßen verbessern.

Zum Färben und Bemalen von Glas wendet man die 225. angegebenen Schmelzfarben an. Die milchweiße Färbung, welche wir an dem sogenannten Milchglase der Lampenschirme und dem Email der Uhrenzifferblätter bemerken, wird durch feingemahlene Knochenerde oder Zinnoxyd hervorgebracht, welche zwei Stoffe von der Glasmasse nicht aufgelöst werden, sondern sich nur mechanisch mit derselben vermengen, und sie, ähnlich wie die Kreide das Wasser, undurchsichtig machen. Geschliffen werden die Gläser mit Sand und Smirgel, polirt mit Eisenoxyd und Tripel, geätzt durch Flußsäure, durchbohrt auf eine sehr leichte Weise mit einer zerbrochenen Feile, die man öfters mit Terpentinöl befeuchtet.

Die zwei Hauptgattungen von Glas sind:

a) Kron- oder böhmisches Glas (Kalkglas), bestehend aus Kali (Natron), Kalk und Kieselerde. Dieses ist sehr hart

und schmilzt sehr schwer, ist also für chemische Zwecke das brauchbarste. Glasfabrikation.

b) Flint- oder Krystallglas (Bleiglas), bestehend aus Kali, Bleioxyd und Kieselerde. Dieses ist zwar schwerer und lichtbrechender als das vorige, zugleich aber weicher und leichter schmelzbar; auch widersteht dasselbe den starken Laugen und Säuren nicht so vollständig als das Kalikalkglas.

Das gewöhnliche Flaschenglas enthält dieselben Bestandtheile, wie das Kronglas, außerdem aber noch Eisenoxyd, wodurch es braungelb, oder Eisenoxydul, wodurch es grün bis schwarz gefärbt wird. Dieses Eisen rührt von den unreinen Materialien (gelber Sand und Holzasche) her, welche zur Darstellung der ordinären Glassorten angewendet werden.

## Systematische Zusammenstellung der Kalium- und Natrium-Verbindungen.

| | |
|---|---|
| Metalle: Kalium | Natrium. |
| Oxyde: Kaliumoxyd od. Aetzkali. | Natriumoxyd oder Aetznatron. |
| Schwefelmetalle: Schwefelkalium oder Kalischwefelleber. | Schwefelnatrium oder Natronschwefelleber. |
| Haloidsalze: Chlorkalium. | Chlornatrium. |
| Jodkalium. | Jodnatrium. |
| Sauerstoffsalze: Kohlensaures Kali oder Pottasche. | Kohlensaures Natron oder Soda. |
| Zweifach kohlensaures Kali. | Zweifach kohlensaures Natron. |
| Chlorsaures Kali. | Chlorsaures Natron. |
| Salpetersaures Kali oder Salpeter. | Salpetersaures Natron oder Chilisalpeter. |
| Schwefelsaures Kali. | Schwefels. Natron oder Glaubersalz. |
| Zweifach schwefelsaures Kali. | Zweifach schwefelsaures Natron. |
| Schwefligsaures Kali. | Schwefligsaures Natron. |

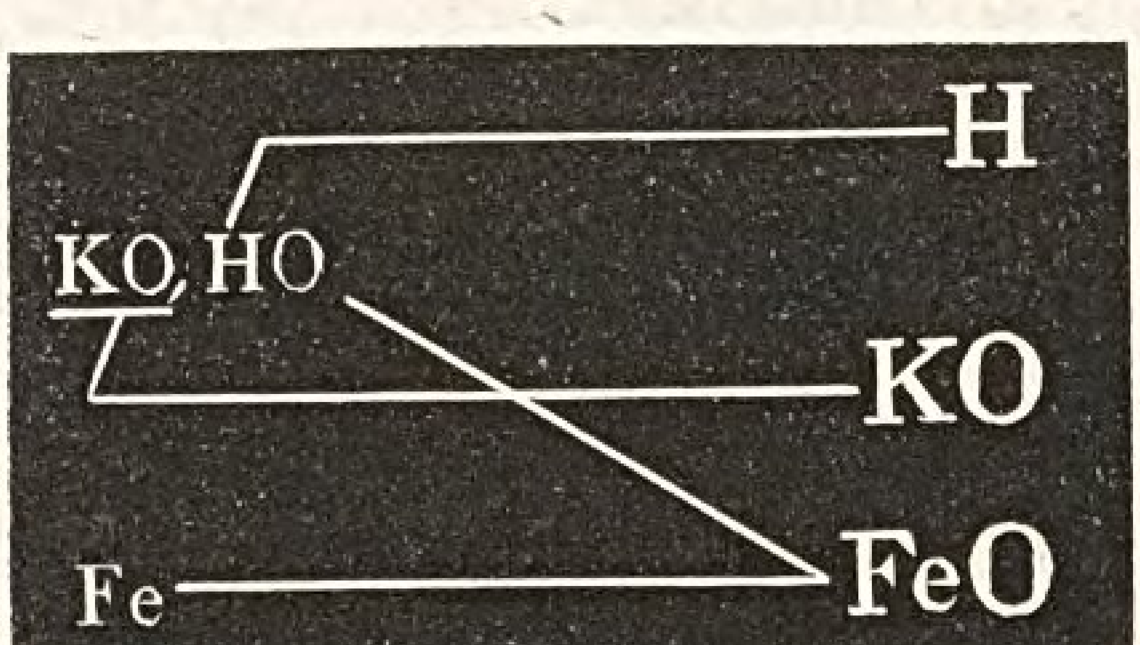
| | |
|---|---|
| Phosphorsaures Kali. | Phosphorsaures Natron. |
| Kieselsaures Kali oder Glas. | Kieselsaures Natron oder Glas. |
| Basisch kieselsaures Kali oder Wasserglas. | Basisch kieselsaures Natron oder Wasserglas. |
| | Borsaures Natron oder Borax. |
| Weinsaures Kali. | Weinsaures Natron. |
| Doppelsalze aus Weinstein | mit Natron, Ammoniak ꝛc. |
| Zweifach weinsaures Kali oder Weinstein. | |
| Zweifach oxalsaures Kali oder Kleesalz. | |
| Essigsaures Kali ꝛc. | Essigsaures Natron ꝛc. |

## Ammoniak ($NH_3$).

(At.=Gew. = 213. — Specif. Gew. [als Gas] = 0,6.)

— Lange bekannt; Zusammensetzung 1785 von **Berthollet** bestimmt. —

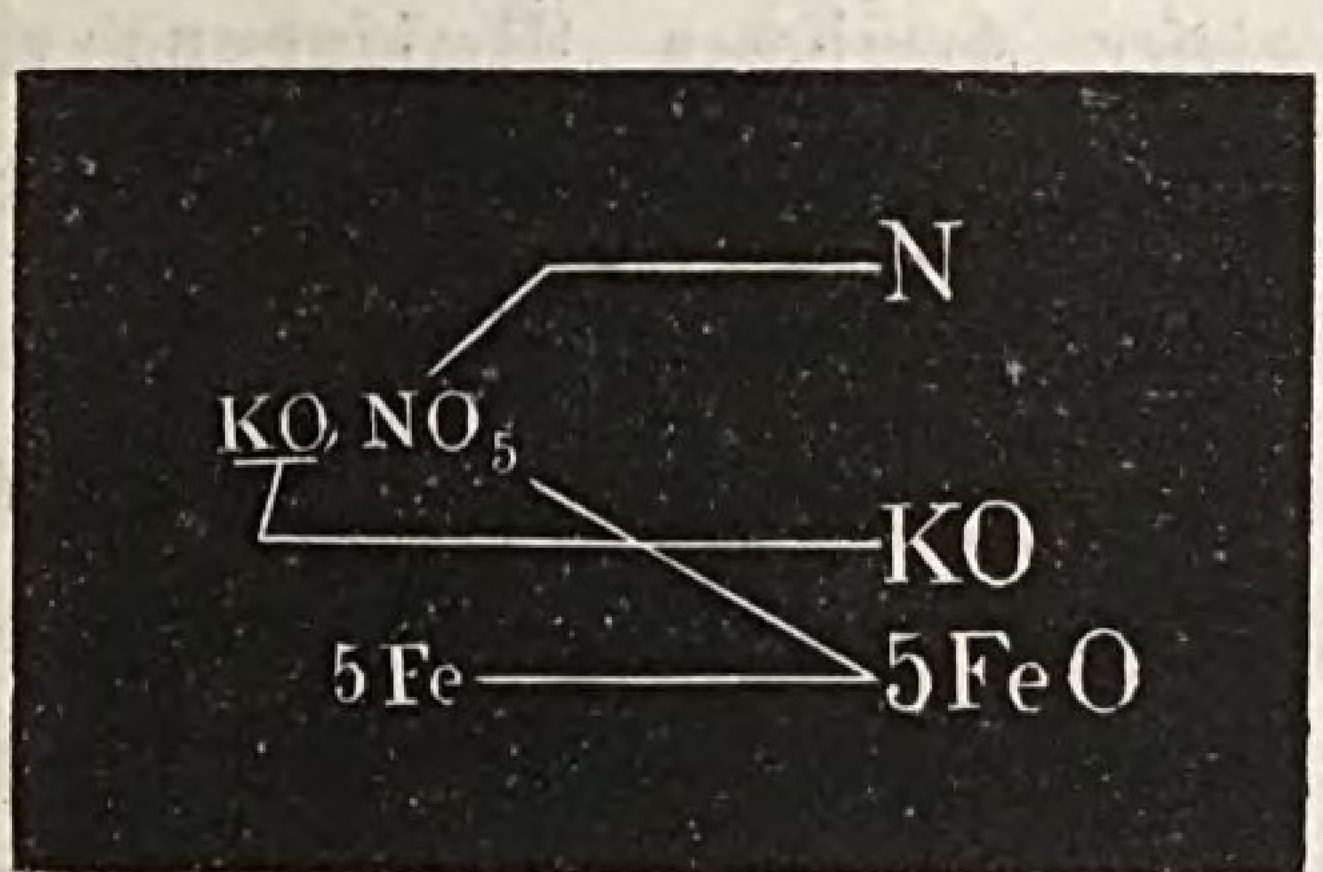
Ammoniak; $NH_3$. 227. **Versuch.** 1) 40 Gran feine Eisenfeile und 2 Gran Kalihydrat (Aetzkali) werden genau gemischt und in einem Probirgläschen, welches mit einer gebogenen Glasröhre verbunden ist (Fig. 27), erhitzt. Wenn die atmosphärische Luft entwichen ist, fängt man das sich entwickelnde Gas in einem besonderen Gläschen auf; es läßt sich durch einen brennenden Holzspahn entzünden: es ist Wasserstoff. Dieser kommt aus dem Wasser des Kalihydrates, dessen Sauerstoff sich mit dem Eisen verbindet. Das Kali wirkt lediglich in der Weise, daß es das Wasser bis zur Glühhitze festhält: Wasser allein würde sich nur bis 100° erhitzen lassen.




flüchtig.

nicht flüchtig.

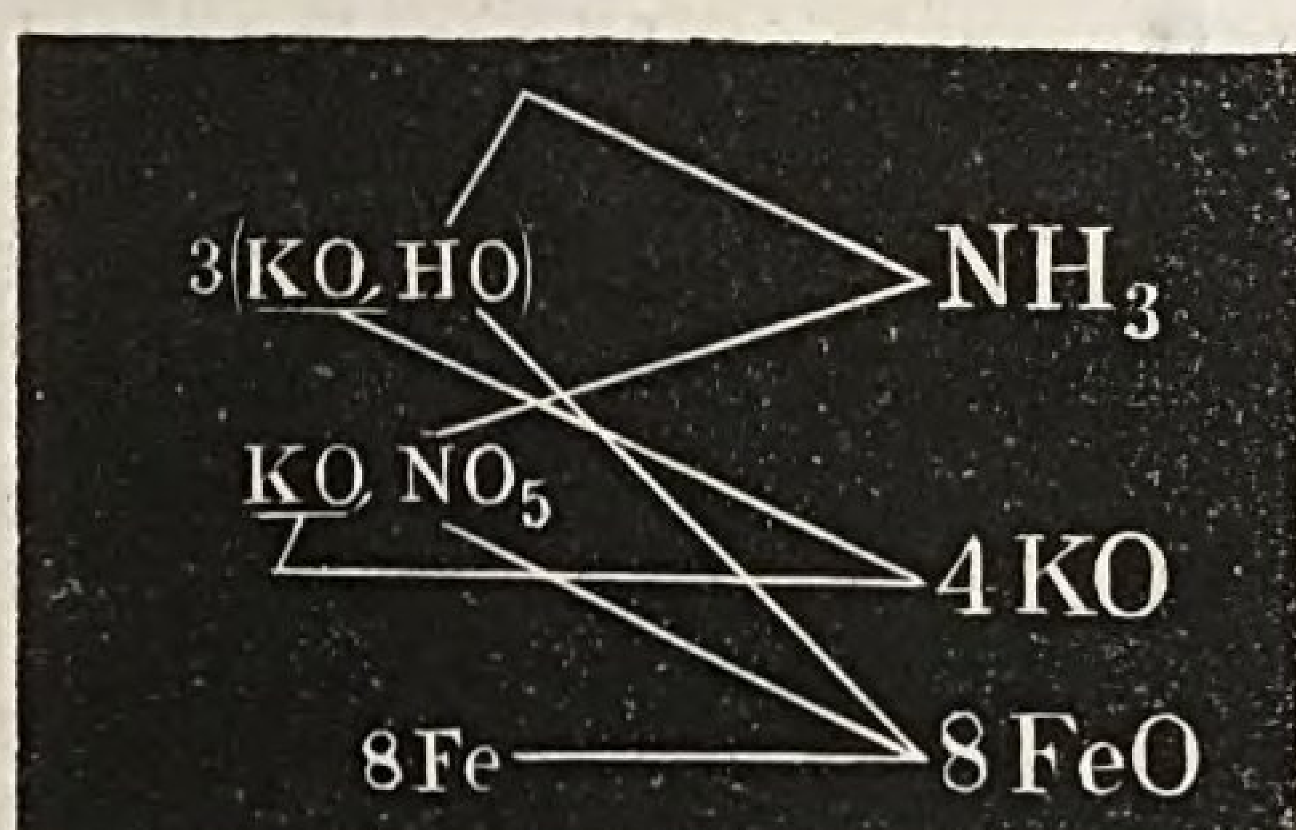
**Versuch.** 2) 40 Gran Eisenfeile und 2 Gran Salpeter werden auf dieselbe Weise erhitzt: man erhält eine Luftart, in der ein brennender Holzspahn verlöscht, den bekannten Stickstoff. Es geht der Salpetersäure wie dem Wasser: das Eisen entzieht ihr den Sauerstoff und ihr zweiter Bestandtheil, der Stickstoff, wird dadurch in Freiheit gesetzt und entweicht. Ammoniak; $NH_3$.




flüchtig.

nicht-flüchtig.

**Versuch.** 3) Man vereinige die vorigen zwei Versuche zu einem einzigen, man erhitze nämlich 80 Gran Eisenfeile gleichzeitig mit 2 Gran Kali und 2 Gran Salpeter, und zwar in einem offenen Probirgläschen: es entwickelt sich weder Wasserstoff noch Stickstoff, sondern eine Verbindung von beiden, als eine Luftart von stechendem Geruch, gleich dem des Salmiakgeistes. Ein in das Gläschen gehaltener Streifen von feuchtem rothen Probirpapier wird blau: die neue Luftart ist also basischer Natur; wir nennen sie Ammoniak. Das Ammoniak ist, wie man sieht, eine chemische Verbindung von Wasserstoff und Stickstoff. Diese beiden Körper vereinigen sich aber nur dann mit einander, wenn sie sich in dem Augenblicke begegnen, wo sie eben aus einer anderen Verbindung frei werden (in statu nascenti); kommen sie erst später zusammen, wenn sie bereits gasförmig geworden sind, so findet keine Vereinigung Statt.




flüchtig.

nicht-flüchtig.

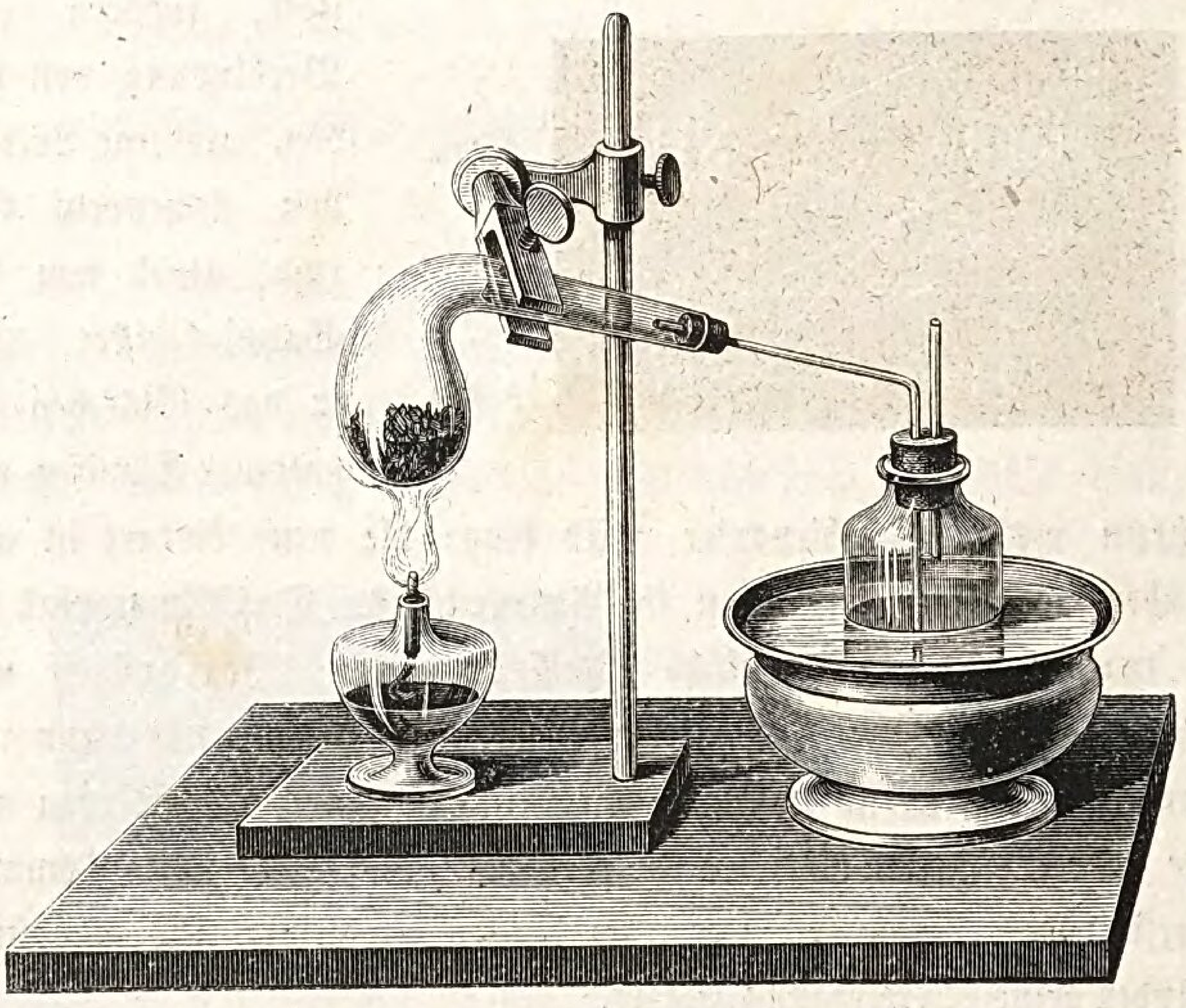
In dem Ammoniak ist immer 1 At. Stickstoff mit 3 At. Wasserstoff verbunden, es erhält daher die Formel $NH_3$. Aus 3 Maaß Wasserstoff und 1 Maaß Stickstoff entstehen nicht 4 Maaß Bestandtheile des Ammoniaks.

Bestandtheile des Ammoniaks. Ammoniakgas, sondern nur 2 Maaß; das Ammoniakgas nimmt demnach nur einen halb so großen Raum ein, als seine Bestandtheile vorher einnahmen; es tritt bei dieser chemischen Verbindung eine Verdichtung auf ½ ein. Bei der Bildung des Wassers aus seinen Bestandtheilen betrug diese Verdichtung ⅓ (87.).

Ammoniak aus Knochen. 228. Ammoniak durch trockne Destillation. Ammoniak wird auch gebildet, wenn thierische Stoffe bei abgeschlossener Luft erhitzt werden. In diesen Stoffen ist jederzeit Stickstoff und Wasserstoff enthalten, welche in dem Momente, wo sie durch die Hitze zur Freiheit gelangen, sich mit einander zu Ammoniak vereinigen.

Versuch. 2 Loth Knochen werden gröblich zerstoßen und in einer Retorte so lange erhitzt, als noch flüchtige Theile daraus entweichen (Fig. 128). Mit der Retorte verbindet man durch eine gebogene

Fig. 128.



Glasröhre ein Opodeldocglas, welches einen Querfinger hoch mit Wasser gefüllt und zur besseren Abkühlung in eine Schüssel mit Wasser gestellt wird. In den Kork der Vorlage bringt man noch eine

zweite, oben und unten offene Glasröhre, durch welche die Gasarten entweichen können, die von dem Wasser nicht verschluckt werden. Diese riechen sehr unangenehm, der Geruch verschwindet aber, wenn man sie anzündet; die Gase brennen dann mit leuchtender Flamme, wie Steinkohlengas, dem sie auch in ihrer Zusammensetzung sehr nahe stehen. In dem Glase setzt sich ein braunschwarzer Theer ab, der unter dem Namen Stinköl oder Franzosenöl bekannt ist; er wird nach Beendigung der trocknen Destillation von der wässerigen Flüssigkeit mittelst Filtration durch ein zuvor mit Wasser angefeuchtetes Papierfiltrum getrennt. Die durchgelaufene Flüssigkeit hält noch etwas Stinköl aufgelöst und hat deshalb eine braune Farbe und einen sehr unangenehmen Geruch. Neben diesem bemerkt man aber zugleich einen stechenden Geruch nach Ammoniak, welches letztere sich auch durch eingetauchtes rothes Probirpapier kund giebt, dessen Farbe in Blau umgeändert wird. Ammoniak aus Knochen.

Man gieße zu der ammoniakalischen Flüssigkeit etwas Kalkwasser: es entsteht eine Trübung und der Ammoniakgeruch wird stärker. Die Trübung rührt von kohlensaurem Kalke her; das Ammoniak ist nämlich nicht frei in der Flüssigkeit, sondern an Kohlensäure gebunden. Kohlensäure erzeugt sich bei jeder Verbrennung oder Verkohlung organischer Stoffe; hier findet sie in dem Ammoniak eine Basis, sie verbindet sich also mit dieser. Bei der Pottasche und Soda hat man schon gesehen, daß die basischen Eigenschaften des Kali's und Natrons durch die Kohlensäure nicht vollständig verdeckt werden, daß die Basis gleichsam noch durchschimmert; ganz ebenso verhält sich auch das Ammoniak: obwohl mit Kohlensäure chemisch verbunden, riecht es doch stechend und reagirt alkalisch oder basisch. Sonst brauchte man diese stinkende, braune Flüssigkeit häufig als ein schweißtreibendes Hausmittel und nannte sie Hirschhorngeist, weil man sie, statt aus Knochen, aus Hirschgeweihen darstellte. Aus demselben Grunde erhielt das daraus dargestellte unreine, trockne, kohlensaure Ammoniak den noch jetzt häufig vorkommenden Namen Hirschhornsalz.

Das kohlensaure Ammoniak läßt sich nur schwierig von dem anhängenden Stinköl befreien; leichter geschieht dies, wenn man es in salzsaures oder schwefelsaures Ammoniak verwandelt.

229. Salmiak oder salzsaures Ammoniak ($NH_3$, HCl).

Salmiak; $NH_3$, HCl.

Versuch. Die bei dem vorigen Versuche erhaltene ammoniakalische Flüssigkeit wird mit Salzsäure neutralisirt, mit etwas Thierkohle gekocht und filtrirt. Die Flüssigkeit ist nach der Filtration weniger gefärbt als vorher, weil sich ein großer Theil der färbenden Stoffe in die Kohle gezogen hat (105.); sie giebt nach hinlänglichem Abdampfen braune Krystalle, die durch wiederholtes Auflösen und Kochen mit Kohle endlich ganz farblos werden. Sonst bereitete man dieses Salz in der Provinz Ammonien in Afrika aus Kameelmist, daher sein Name Sal ammoniacum, oder zusammengezogen Salmiak. In ihm ist, wie in den übrigen Ammoniaksalzen, das Ammoniak durch die Säuren so vollständig neutralisirt, daß man es nicht mehr durch den Geruch darin wahrnimmt.

Versuche mit Salmiak.

Salmiak ist flüchtig.

Versuch a. Man halte etwas Salmiak auf einem Platinblech über eine Spiritusflamme: er verfliegt in weißen Dämpfen. Alle Ammoniaksalze sind in der Hitze flüchtig. Wird der Salmiakdampf in einem kalten Gefäße verdichtet, so erhält man ihn als eine feste, durchscheinende, sehr schwer zu zerreibende Salzmasse. In dieser Form kommt der Salmiak am häufigsten im Handel vor; er heißt dann sublimirter Salmiak.

Salmiak erzeugt Kälte.

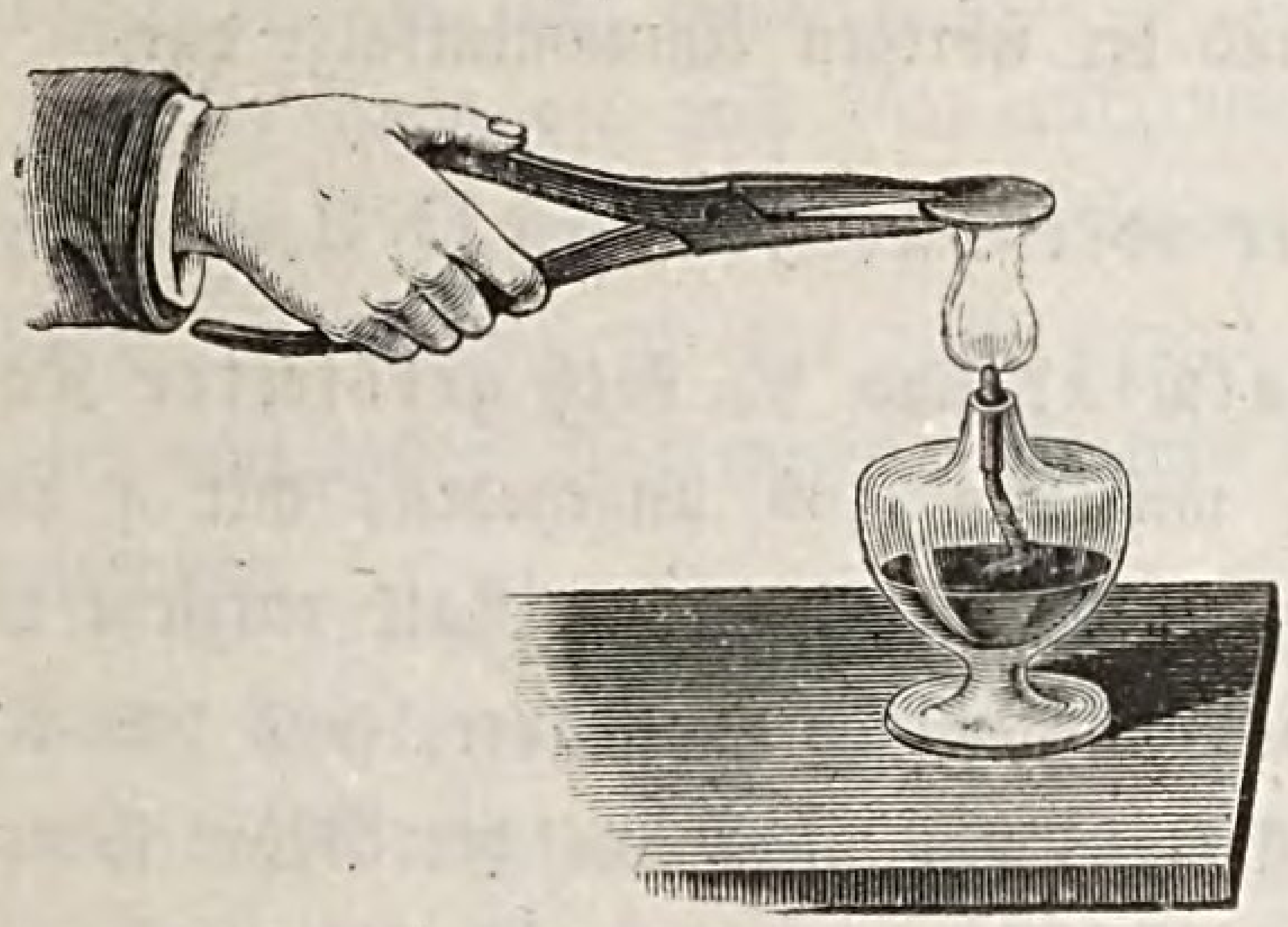
Versuch b. Man schütte Salmiakpulver in Wasser, in das man ein Thermometer gestellt hat: es löst sich leicht auf und die Quecksilbersäule sinkt bedeutend. Man kann auf diese Weise künstliche Kälte erzeugen.

Versuch c. Wird Salmiak mit gebranntem Kalk oder Kali zusammengerieben, so entwickelt er, weil der Kalk oder das Kali ihm

die Salzsäure entzieht, einen starken Ammoniakgeruch. Man braucht dieses Gemenge zuweilen zum Füllen von Riechfläschchen.

Versuch d. Man lege ein linsengroßes Stückchen Zinn auf einen blankgescheuerten Kupferpfennig und halte letzteren mit einer Zange in eine Weingeistflamme; ist das Zinn geschmolzen, so verreibe man es mit einem Läppchen auf der Münze: es haftet nicht auf derselben. Nun wiederhole man den Versuch, streue aber zugleich etwas Pulver von sublimirtem Salmiak auf die Kupferfläche: das Zinn wird sich jetzt beim Verreiben gleichmäßig ausbreiten. Hierauf gründet sich die wichtige Anwendung des Salmiaks zum Verzinnen und Löthen. Die Salzsäure desselben verbindet sich mit dem durch das Erhitzen gebildeten Kupferoxyd und dadurch entsteht eine glänzende Kupferfläche, auf welcher das geschmolzene Zinn festhaften kann; daher bemerkt man auch während des Verzinnens einen Geruch nach freiem Ammoniak. Salmiak löst Metalloxyde auf.

Fig. 129.



## 230. Schwefelsaures Ammoniak ($NH_3$, $SO_3 + HO$).

Wendet man Schwefelsäure, statt Salzsäure, zur Neutralisation der obigen ammoniakalischen Flüssigkeit an, so erhält man je nach der mehr oder weniger vollständigen Reinigung ein weißes oder braunes Salz, schwefelsaures Ammoniak. Dieses Salz wird jetzt in großen Mengen als ein werthvolles Nebenproduct bei der Bereitung von Leuchtgas aus Steinkohlen gewonnen, welche immer etwas Stickstoff enthalten. Bei der trocknen Destillation der Steinkohlen wird deren Stickstoff als Ammoniak entwickelt, welches sich mit dem Leuchtgase verflüchtigt und in dem Wasser, durch welches man das Gas zur Reinigung treibt, auflöst. Aus diesem sogenannten Gaswasser er- Schwefelsaures Ammoniak; $NH_3$, $SO_3 + HO$.

Schwefelsaures Ammoniak: $NH_3, SO_3 + HO$.

hält man durch Zusatz von Schwefelsäure, Abdampfen und gelindes Rösten eine schwarze (etwas kohlehaltige) Salzmasse, die als rohes schwefelsaures Ammoniak in den Handel gebracht und theils zur Alaunbereitung, theils als stark treibendes Düngemittel rc. verwendet wird.

Aus dem salzsauren oder schwefelsauren Ammoniak stellt man sich gewöhnlich das Ammoniak und die übrigen Ammoniaksalze dar.

### 231. Flüssiges Ammoniak oder Salmiakgeist ($NH_3$ + Wasser).

Flüssiges Ammoniak oder Salmiakgeist.

**Versuch.** $\frac{1}{2}$ Loth Salmiak und $\frac{3}{4}$ Loth gelöschter Kalk werden in einem Apparate, wie Fig. 109 angegeben, mit 3 Loth Wasser übergossen und dann gelind erhitzt: der Kalk entzieht dem Salmiak, wie man schon oben gesehen, die Salzsäure, und das Ammoniakgas entweicht. Es steigt, so wie es aus der Röhre kommt, in die Höhe, da es beinahe um die Hälfte leichter ist, als gewöhnliche Luft, es bläut rothes Lackmuspapier, und bildet dicke, weiße Dämpfe von Salmiak, wenn man ein mit Salzsäure befeuchtetes Papier hinein hält. Stellt man nun ein mit 2 Loth Wasser gefülltes Gläschen unter die Röhre, so daß diese den Boden ziemlich erreicht, so wird das Gas aufgelöst und man erhält Ammoniakwasser (Salmiakgeist oder Salmiakspiritus). Ein Maaß Wasser kann mehr als 600 Maaß Ammoniakgas verschlucken. Da sonach viel latente Wärme frei werden muß, so stellt man das Vorlageglas zur Abkühlung in kaltes Wasser. In den Kork des Kochfläschchens kann man eine zweite unten und oben offene gerade Röhre einpassen, um das Zurücksteigen des Wassers aus der Vorlage zu verhindern, wenn etwa die Erhitzung zufällig schwächer werden sollte. Diese Röhre muß bis auf den Boden des Fläschchens reichen, weil außerdem das Gas durch sie entweichen würde (Fig. 47).

Der Salmiakgeist ist leichter als Wasser und zwar um so leichter, je mehr er Ammoniakgas enthält; man kann seine Stärke aus diesem Grunde sehr genau durch das specifische Gewicht ermitteln. Die wichtigsten Eigenschaften des Ammoniaks sind schon aus dem Früheren bekannt. Wegen seiner ätzenden Eigenschaften wird es auch

Aetzammoniak oder kaustisches Ammoniak genannt. Es ist nächst dem Kali und Natron die stärkste Basis.

232. Schwefelwasserstoff-Ammoniak ($NH_3$, HS).

**Versuch.** Man entwickele, wie 132. angegeben, Schwefelwasserstoffgas, leite es aber, statt in Wasser, in Salmiakgeist, und zwar so lange, als noch Gas aufgenommen wird. Die erhaltene Flüssigkeit muß in wohlverstopften Gläsern aufbewahrt werden, weil sie sich in Berührung mit der Luft zersetzt und gelb wird. Sie ist eins der wichtigsten Reagentien, wie dies später ausführlicher gezeigt werden wird. Schwefelwasserstoff-Ammoniak.

233. Kohlensaures Ammoniak ($2NH_3$, $3CO_2 + 2HO$).

Von dem rohen kohlensauren Ammoniak ist schon die Rede gewesen; das reine bereitet man sich aus Salmiak und Kreide durch Sublimation. Kohlensaures Ammoniak.

Fig. 130.



**Versuch.** In ein Vierunzenglas mit dünnem Boden schütte man ein Gemisch von 1 Loth Kreide und ½ Loth Salmiak, stelle das Glas in ein Sandbad und erhitze es durch eine Lampe. So wie sich stechende Dämpfe zeigen, stürzt man ein etwas größeres leeres Glas über das erstere, in dem sich diese Dämpfe bald zu einer weißen Salzmasse verdichten werden. Es entsteht durch doppelte Wahlverwandtschaft flüchtiges kohlensaures Ammoniak, welches sublimirt, und Chlorcalcium, welches zurückbleibt, weil es nicht flüchtig ist.

Das kohlensaure Ammoniak (richtiger anderthalb kohlensaures Ammoniak) ist eine weiße, stark ammoniakalisch riechende Masse, die an der Luft

Kohlensaures Ammoniak.

nach und nach noch mehr Kohlensäure anzieht und zu zweifach kohlensaurem Ammoniak wird. Man braucht dieses Salz häufig statt der Hefe zum Auftreiben von Backwaaren, z. B. von Pfefferkuchen, es entweicht in der Hitze in Dampfform aus dem Teige und macht ihn blasig und locker.

Andere Ammoniaksalze lassen sich sehr leicht aus dem kohlensauren Ammoniak dadurch darstellen, daß man die Kohlensäure desselben durch Salpetersäure, Essigsäure oder andere Säuren austreibt.

Ammoniak durch Fäulniß.

234. Ammoniak aus faulenden Stoffen. Eine Erzeugung von Ammoniak ist hier noch anzuführen, die überall stattfindet, wo organische Körper anzutreffen sind, nämlich die durch Fäulniß und Verwesung. Aus allen Pflanzen- und Thierstoffen, welche Stickstoff enthalten, entwickelt sich, wenn sie verwesen oder verfaulen, kohlensaures Ammoniak; daher der stechende Geruch in Pferdeställen und bei Düngerstätten, den wohl Jeder kennt. Stellt man eine Schüssel mit Salzsäure oder verdünnter Schwefelsäure an einem solchen Orte auf, so verschwindet der Geruch, und aus der Salzsäure wird nach und nach Salmiak, aus der Schwefelsäure schwefelsaures Ammoniak. Man hat also in den Säuren ein einfaches und billiges Mittel, um die Luft in derartigen Räumen zu reinigen. Da die thierischen Stoffe weit reicher an Stickstoff sind als die vegetabilischen, so liefern sie bei ihrer fauligen Zersetzung weit mehr Ammoniak als diese. Gefaulter Urin enthält so viel kohlensaures Ammoniak, daß man ihn, statt des Seifenwassers, zum Waschen von Wolle, ja selbst zur Bereitung von Salmiak anwendet.

Affinität des Stickstoffs.

235. Affinität des Stickstoffs. Betrachtet man das hier und früher angegebene Verhalten thierischer Stoffe aufmerksam, so muß es Verwunderung erregen, wie außerordentlich die Verwandtschaft des darin enthaltenen Stickstoffs zu anderen Elementen wechselt.

Der Stickstoff organischer Stoffe verbindet sich:

Mit Wasserstoff zu Ammoniak bei gewöhnlicher Temperatur (Fäulniß und Vermoderung).

Mit Sauerstoff zu Salpetersäure bei gewöhnlicher Temperatur und Gegenwart einer starken Basis (Verwesung, z. B. in Salpeterplantagen). Affinität des Stickstoffs.

Mit Wasserstoff zu Ammoniak in der Hitze bei abgeschlossener Luft (trockne Destillation). Auf's Vollständigste erfolgt diese Umwandlung bei gleichzeitiger Gegenwart einer wasserhaltigen starken Basis z. B. von Kali- oder Natron-Hydrat (analytische Stickstoffbestimmung).

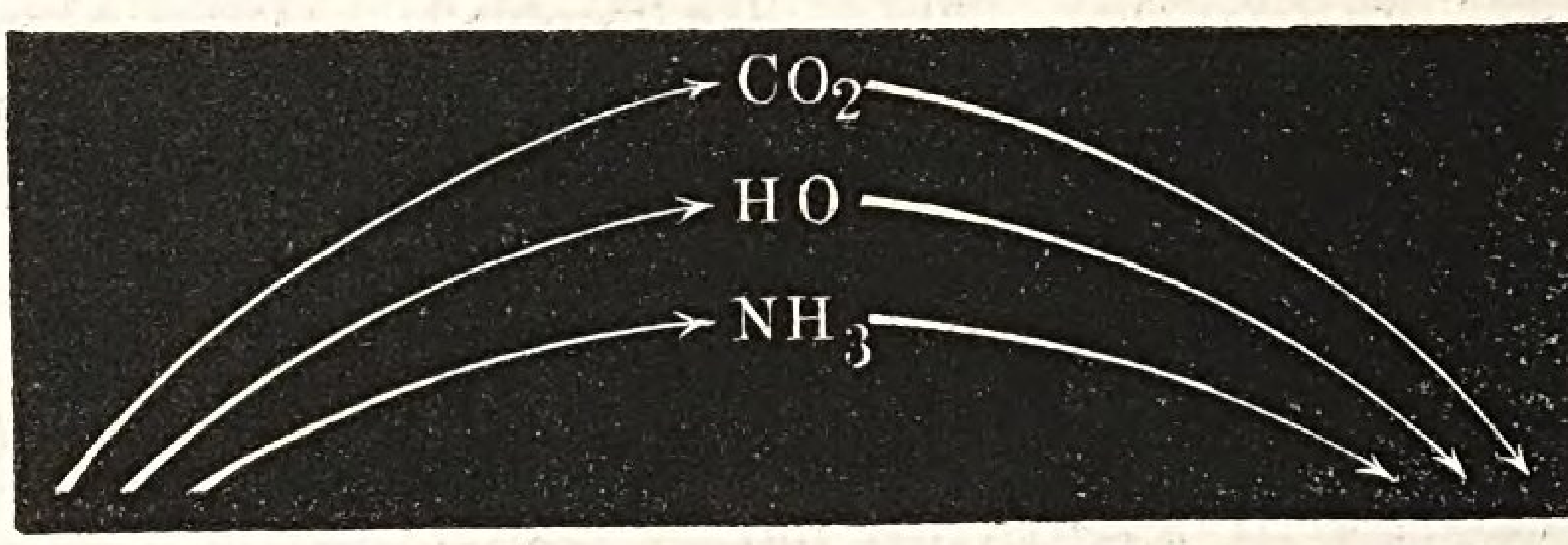
Mit Kohlenstoff zu Cyan in der Hitze bei abgeschlossener Luft und Gegenwart einer wasserfreien starken Basis.

Er entweicht aber unverbunden in starker Hitze bei freiem Luftzutritt (bei vollständiger Verbrennung).

236. Die Ammoniaksalze sind vorzügliche Düngemittel für unsere Felder. Sie sind das hauptsächlich Wirkende (das Treibende) in unseren Düngemitteln, und man thut wohl, in den Mistgruben und Jauchebehältern das Entweichen des Ammoniaks dadurch zu verhindern, daß man sie von Zeit zu Zeit mit verdünnter Schwefelsäure besprengt oder mit Gyps bestreut, wodurch schwefelsaures Ammoniak entsteht, welches sich bei gewöhnlicher Temperatur nicht verflüchtigt. Wenn die Knochen verfaulen, so bildet sich aus ihrem Leim gleichfalls kohlensaures Ammoniak, und darin liegt die andere wohlthätige Wirkung (176.), welche das Knochenmehl auf das Wachsthum unserer Culturpflanzen ausübt. Die wildwachsenden Pflanzen können nur so viel Ammoniak aufnehmen, als sie in der Luft vorfinden, den Feldfrüchten aber geben wir durch die Düngung eine viel größere Menge davon; daraus erklärt sich hauptsächlich die ungleich größere Fruchtbarkeit des gedüngten Ackerlandes im Vergleich zu dem ungedüngten. Ammoniaksalze düngen.

Wir sehen also auch bei dem Ammoniak einen ähnlichen Kreislauf in der großen Oekonomie der Natur wie bei der Kohlensäure und dem Wasser, den zwei anderen Hauptnahrungsmitteln für die Pflanzenwelt, und wir müssen staunen, auf welche einfache Weise die schöpferische Allmacht Tod und Leben mit einander verknüpft hat. Bei Kreislauf des Ammoniaks.

Kreislauf des Ammoniaks u. s. w. der Verwesung und Fäulniß werden die todten Thiere und Pflanzen in Kohlensäure, Wasser und Ammoniak verwandelt, und aus diesen drei Verwesungsproducten entstehen wieder alle die zahllosen Pflanzen, die unsere Erdoberfläche bedecken.




Todte Thiere und Pflanzen. Lebende Pflanzen.

Ammonium: $NH_4$. 237. Ammonium. Die große Aehnlichkeit des Ammoniaks mit dem Kali und Natron hat schon lange die Vermuthung rege gemacht, es möge darin gleichfalls ein Metall verborgen sein, wie in dem Kali und Natron. Konnte aus Stickstoff und Kohlenstoff ein Körper entstehen, das Cyan, der sich ganz wie ein chemisches Element, wie Chlor, verhält, so war es ja auch möglich, daß sich aus Stickstoff und Wasserstoff ein Körper bilde, der sich wie ein Metall, wie Kalium, verhält. Ein derartiges zusammengesetztes Metall aus dem Ammoniak oder seinen Salzen auszuscheiden, ist zwar bis jetzt noch nicht gelungen, dessenungeachtet aber halten manche Chemiker dafür, es sei ein solches wirklich darin und bestehe aus 1 At. Stickstoff und 4 At. Wasserstoff ($NH_4$). Sie haben es Ammonium genannt, und betrachten nach dieser Ansicht das wasserhaltige Ammoniak ($NH_3 + HO$) als Ammoniumoxyd ($NH_4O$), das salzsaure Ammoniak ($NH_3 + HCl$) als Chlorammonium ($NH_4Cl$) u. s. w., was völlig auf eins herauskommt, da die Zusammensetzung dieser zwei Körper nicht verändert wird, mag man sich den Wasserstoff zum Wasser oder zur Salzsäure gehörig oder aber mit dem Ammoniak verbunden denken.

Amid. Eine Verbindung von 1 At. Stickstoff und 2 At. Wasserstoff ($NH_2$) hat man Amid genannt.

## Lithium.

— 1817 von Arfvedson entdeckt. —

238. Als Seltenheit findet sich in manchen Steinarten und Mineralwässern eine Basis, die dem Kali sehr ähnlich ist und den Namen Lithion oder Lithiumoxyd erhalten hat. Die Grundlage derselben, das Lithiummetall, stellt den leichtesten unter allen festen Körpern dar, denn es schwimmt auf Steinöl und hat nur ein specif. Gew. von 0,6. Manche Lithionsalze geben der Licht- und Weingeistflamme eine purpurrothe Farbe. Lithium.

## Rückblick auf die Alkalien (Kali, Natron und Ammoniak).

1) Kalium und Natrium haben unter allen Körpern die größte Affinität zum Sauerstoff; sie schwimmen auf Wasser und zersetzen es mit großer Heftigkeit.

2) Die Oxyde derselben sind die kräftigsten Basen. Kaliumoxyd wird gewöhnlich Kali oder Aetzkali, Natriumoxyd Natron oder Aetznatron genannt. Hieher ist auch das Ammoniak (Ammoniumoxyd) zu rechnen.

3) Man nennt diese drei Oxyde gewöhnlich Alkalien, auch ätzende Alkalien. Sonst hieß das Kali vegetabilisches Laugensalz, das Natron mineralisches Laugensalz, das Ammoniak flüchtiges Laugensalz.

4) Die Alkalien sind leicht löslich in Wasser, schmecken scharf laugenhaft und wirken stark ätzend (kaustisch) auf Pflanzen- und Thierstoffe.

5) Die Alkalien haben eine sehr große Verwandtschaft zur Kohlensäure. Bei Luftzutritt saugen sie diese Säure begierig aus der Luft ein und werden zu kohlensauren Alkalien.

6) Aus den kohlensauren Alkalien läßt sich die Kohlensäure durch Glühen nicht austreiben, sie entweicht aber sogleich unter Brausen auf Zusatz von anderen Säuren.

7) Die kohlensauren Alkalien, Pottasche, Soda und Hirschhornsalz, sind leicht löslich in Wasser, schmecken gleichfalls laugenhaft und reagiren basisch.

8) Kali und Natron geben mit Sand geschmolzen Glas; mit Fetten eine Seife, die sich im Wasser auflöst.

9) Die meisten Salze, welche die Alkalien mit Säuren bilden, sind im Wasser löslich. Von den Kalisalzen sind die meisten luftbeständig, einige zerfließlich; von den Natronsalzen enthalten die meisten Krystallwasser und verwittern in trockner Luft.

10) Kali- und Natronsalze sind in der Hitze nicht flüchtig, wohl aber die Ammoniaksalze.

11) Eine schwächere Basis kann oft einer stärkeren die Säure wegnehmen, wenn sie mit dieser Säure eine unlösliche Verbindung bildet.

---

## Zweite Gruppe. Erdalkalimetalle.

— 1808 von Davy entdeckt. —

### Calcium (Ca).

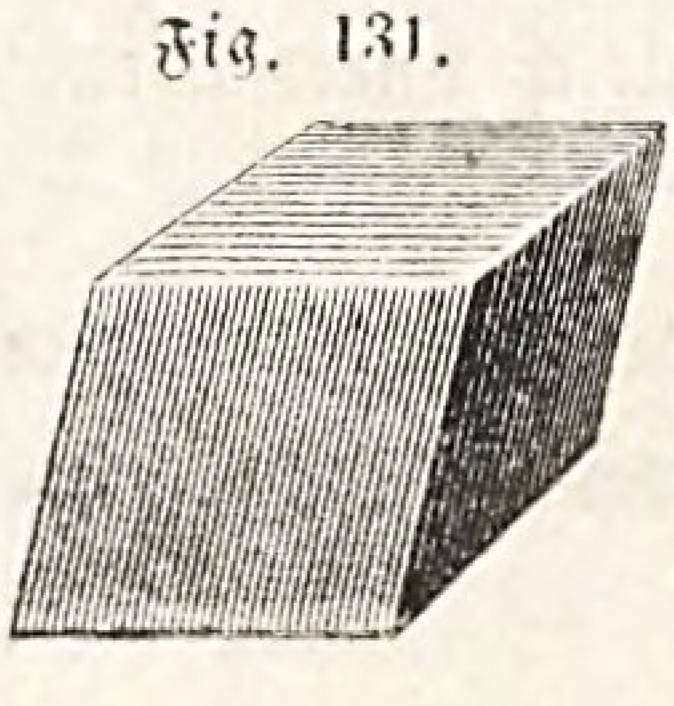
(At.-Gew. = 250 [Kalkerdemetall]. — Specif. Gew. = 1,6.)

### Kreide oder kohlensaure Kalkerde (CaO, $CO_2$).

Vorkommen des kohlens. Kalks.

239. Daß die Kreide aus kohlensaurem Kalk besteht, ist bereits bekannt, sie diente ja in mehren früheren Versuchen zur Bereitung der Kohlensäure. Genau dieselben Bestandtheile finden wir auch in dem gewöhnlichen Kalksteine, in dem Marmor und den Gehäusen der Muscheln. Ganze Gebirgszüge bestehen aus Kalkstein; ganze Länder haben einen Kalk- oder Kreideboden: der kohlensaure Kalk ist ein Hauptbestandtheil unseres Erdballes. Wir treffen ihn auch durchsichtig und in Rhomboëdern oder 6seitigen Säulen krystallisirt an und

Fig. 131.



nennen ihn dann Kalkspath. Kalkreiche Erdarten führen den Namen Mergel (Thonmergel, Sandmergel 2c.). Die große Verschiedenheit, welche die Steine im Aeußern zeigen, kann nicht befremden; sehen wir doch bei unserem gewöhnlichen Zucker eine

ähnliche Mannichfaltigkeit der Form; im Kandis haben wir ihn krystallisirt, im Hutzucker körnig-krystallinisch, in den Bonbons glasartig, im gestoßenen Zucker pulverig.

Alle Kalksteine brausen, wenn man eine Säure auftröpfelt, und lassen sich dadurch leicht von anderen Steinen unterscheiden. Bestreicht man einen Kalkstein an einzelnen Stellen mit Fett oder Firnißfarbe und gießt dann eine Säure, am besten verdünnte Salpetersäure, darauf, so löst sich der Kalk nur da auf, wo er frei geblieben ist, nicht aber an den fettigen Stellen; diese bleiben demnach erhaben. Wird ein so präparirter Stein mit Buchdruckerschwärze überwalzt, so haftet diese nur an den erhabenen Orten fest und läßt sich von da auf Papier abdrucken. So verfährt man bei der Steindruckerei. Die hiezu passenden Kalksteine heißen lithographische Steine. Steindruck.

Versuch. Man blase durch eine Glasröhre Luft in Kalkwasser: es entsteht ein Niederschlag von kohlensaurem Kalk (s. Fig. 82.); man blase längere Zeit fort: der Niederschlag wird sich zum größten Theile wieder auflösen. Die Kohlensäure schlägt erst den Kalk nieder, dann löst sie ihn wieder auf. Der kohlensaure Kalk ist ganz unlöslich im Wasser, er ist aber löslich in kohlensäurehaltigem Wasser. Die Hälfte der Flüssigkeit lasse man an der Luft stehen: die Trübung vermehrt sich langsam und kohlensaurer Kalk setzt sich ab; die andere Hälfte wird in einem Probirgläschen gekocht: man sieht Gasblasen von Kohlensäure entweichen und der kohlensaure Kalk wird schnell ausgeschieden. Was hier im Kleinen geschieht, erfolgt in der Natur häufig im Großen. In jeder Erde, wo organische Stoffe verwesen, findet das durchsickernde Wasser Kohlensäure, daher enthält fast alles Quellwasser Kohlensäure; in den meisten Erd- und Steinarten findet das gebildete kohlensaure Wasser kohlensauren Kalk, von dem es etwas auflöst, daher enthält fast alles Quellwasser kohlensauren Kalk (hartes Wasser). Fließt dieses Wasser in Bächen weiter, so entweicht die Kohlensäure wieder und der kohlensaure Kalk setzt sich als Schlamm ab; man nennt das kalkfreie Wasser nun weiches Wasser. Dasselbe geschieht, wenn kalkhaltiges Wasser beim Durchsickern Weiches und hartes Wasser.

Weiches und hartes Wasser.

durch Erdschichten oder Felsenspalten hohle Räume antrifft; in diesen scheidet der kohlensaure Kalk sich oft steinartig aus und heißt dann **Tropfstein** oder Kalksinter, auch Kalktuff. In Kellern und unter Brücken findet man nicht selten die Wände mit einer Kruste von Tropfstein überzogen. Der aus dem Carlsbader Wasser sich absetzende **Sprudelstein** ist der Hauptsache nach gleichfalls kohlensaurer Kalk. Kocht man hartes Wasser, so muß der kohlensaure Kalk auch niederfallen; dies geschieht besonders da, wo große Wassermengen verdampfen, z. B. in Dampfkesseln (**Kesselstein**). Beim Kochen von Erbsen oder Bohnen in solchem Wasser bildet sich eine dünne Kalkrinde um diese Früchte und verhindert das Eindringen des Wassers, so daß diese nicht weich werden; in solchen Fällen muß man das Wasser vorher abkochen oder längere Zeit an der Luft stehen lassen.

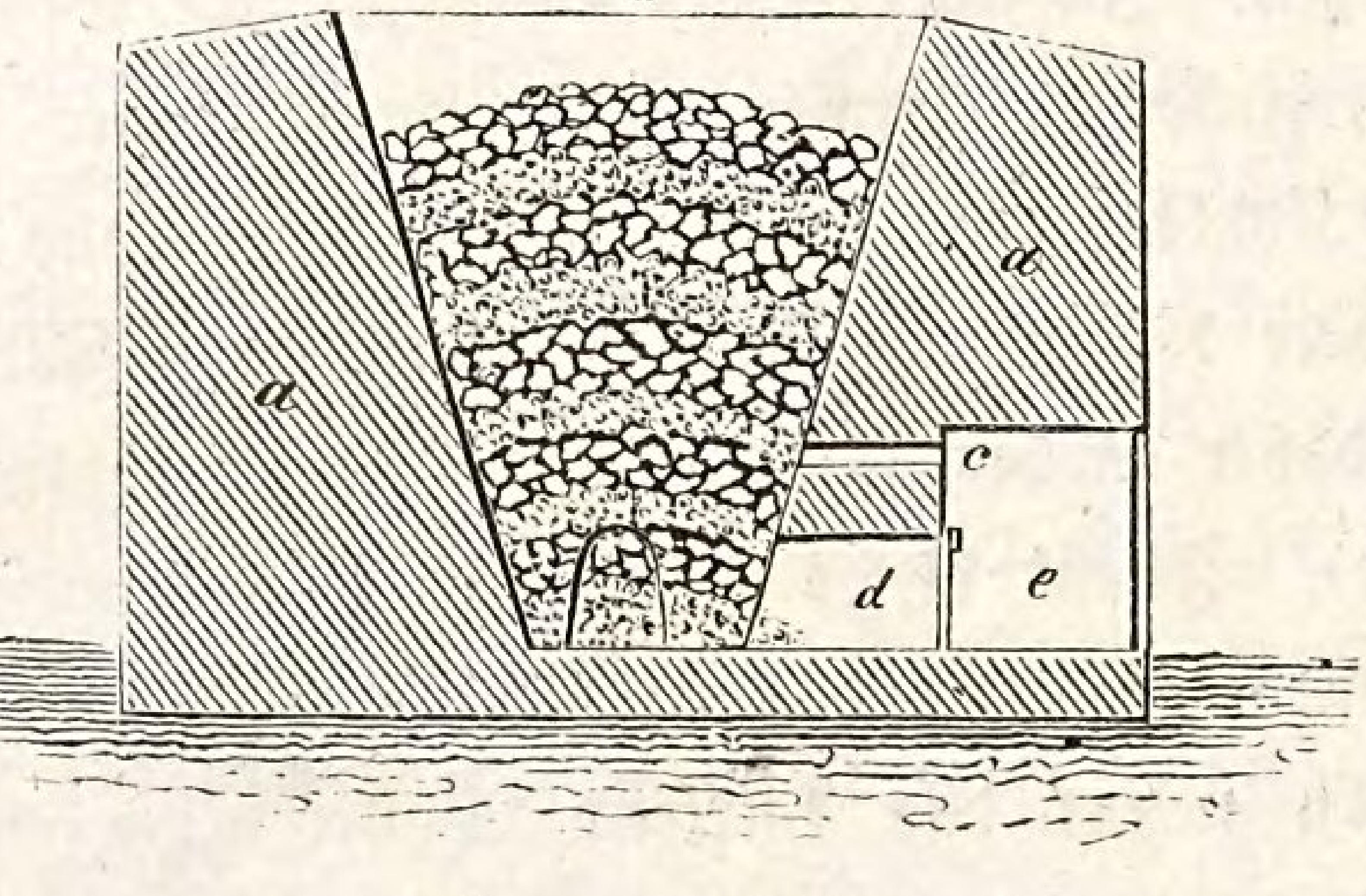
### 240. Aetzkalk oder gebrannter Kalk (Calciumoxyd, CaO).

Kohlens. Kalk in der Hitze.

**Versuch.** Man lege ein Stückchen **Kreide** auf **Kohle** und erhitze es durch die Löthrohrflamme so stark, daß es mehre Minuten lang lebhaft glüht: es wird jetzt viel leichter geworden sein, als vorher, nicht mehr abfärben und nicht mehr mit Säuren brausen; es hat durch das Glühen die Kohlensäure verloren und heißt nun **gebrannter Kalk**. Wird etwas davon auf angefeuchtetes rothes Lackmuspapier gelegt, so hinterläßt es blaue Flecke; es reagirt also **basisch**, was die Kreide nicht thut.

Kalkbrennen im Großen.

Fig. 132.



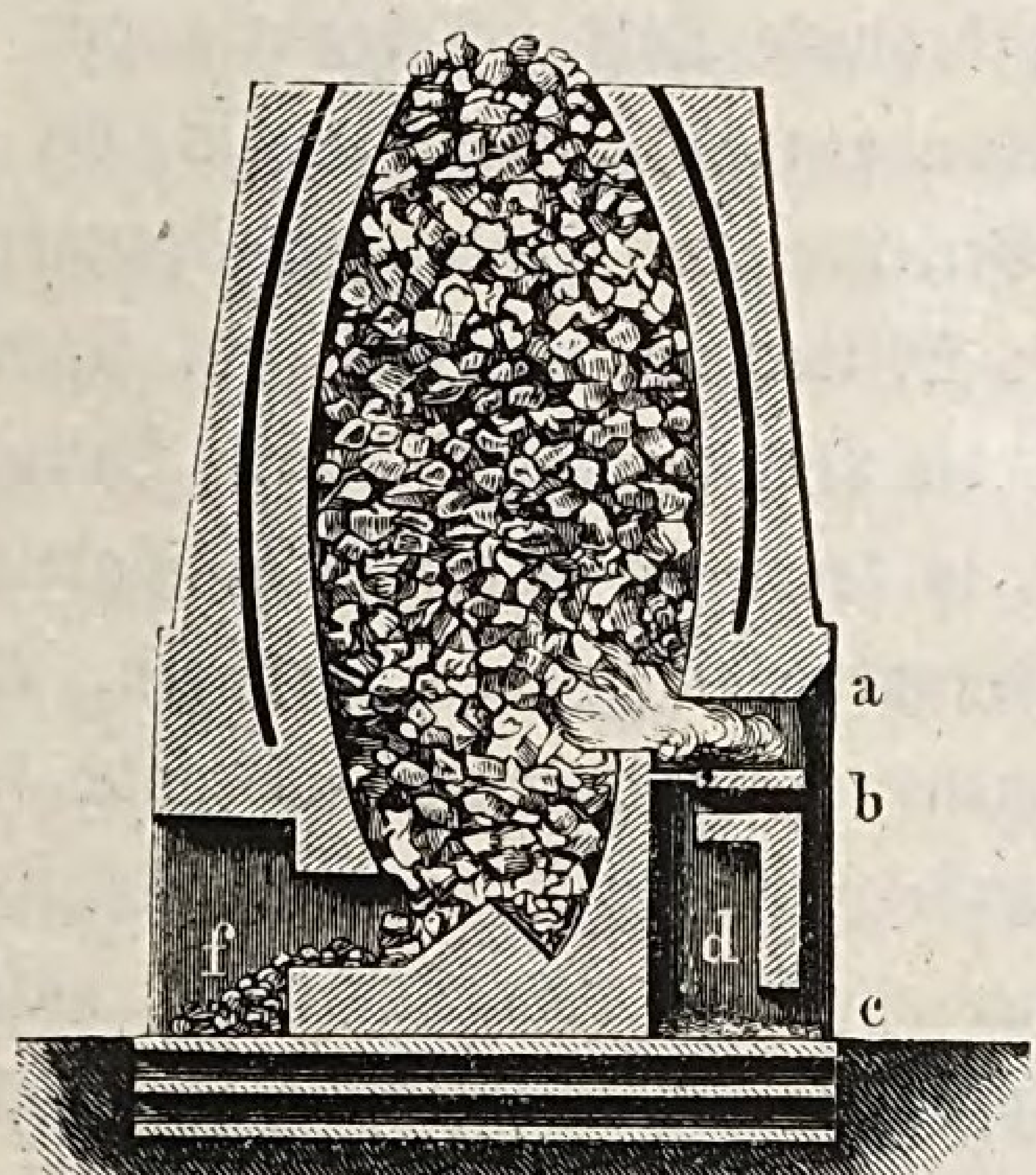

Das Brennen des Kalksteins im Großen geschieht bekanntlich in besonderen Oefen, von denen diejenigen die vortheilhaftesten sind, welche in **ununterbrochenem Gange** erhalten werden.

Ein für Steinkohlen

eingerichteter einfacher Ofen solcher Art ist der nebenstehende, Fig. 132. Der von den Mauern *a* umschlossene, nach unten enger werdende Schacht *b* wird mit abwechselnden Schichten von Steinkohle und Kalkstein, die man oben aufschüttet, immer voll erhalten. Unten hat der Ofen drei Seitenöffnungen, von denen hier nur eine, *c*, *d*, sichtbar ist, durch welche man den glühenden Kalk, so weit er gut gebrannt ist, von Zeit zu Zeit herauszieht. Die Asche der Steinkohlen kommt hier unter den gebrannten Kalk und dieser wird sonach um so unreiner werden, je mehr die Steinkohle erdige Beimengungen enthielt. Kalkbrennen im Großen.

Bei der folgenden Construction, Fig. 133, vermeidet man diesen Uebelstand und ist zugleich im Stande, Brennmaterialien von geringer Qualität und geringer Festigkeit z. B. Torf, Braunkohle, Gruß von Steinkohle 2c., zu benutzen. *a* ist die Heizöffnung mit dem Roste, auf dem das Brennmaterial für sich, nicht in dem Ofenschachte, sondern neben demselben verbrannt wird, *b* die Oeffnung für den Luftzug, *c* und *d* der Aschenfall. Wie bei dem Flammenofen schlägt auch hier nur die Flamme in den Schacht des Ofens hinein, der mit Kalksteinen angefüllt wird; der Kalk kann also nicht durch die Asche des Brennmaterials verunreinigt werden. Gewöhnlich hat ein Ofen mehre solcher Feuerungen. Bei *f* zieht man den gar gebrannten Kalk heraus, während oben immer wieder frischer kohlensaurer Kalk zugeschüttet wird. Solche Oefen können Jahre lang, so lange die Umfassungsmauern überhaupt halten, ohne Unterbrechung im Gange erhalten werden.

Fig. 133.




Der gebrannte Kalk hat zwei starke Leidenschaften, nämlich zum Wasser und zur Kohlensäure. Läßt man ihn an der Luft Kalk und Wasser.

Kalk und Wasser. liegen, so zieht er erst Wasser an und zerfällt dabei zu Pulver (er löscht sich selbst); später saugt er auch Kohlensäure ein und braust dann wieder mit Säuren. Von dem schnellen Löschen des Kalkes durch Besprengen mit Wasser und der dabei stattfindenden Erhitzung ist schon früher (33.) die Rede gewesen. 3 Pfund Kalk binden 1 Pfund Wasser und geben ein staubiges Pulver von Kalkhydrat ($CaO + HO$) oder gelöschtem Kalk. Mit Wasser angerührt wird daraus Kalkbrei, mit mehr Wasser Kalkmilch, mit der 600fachen Wassermenge eine wirkliche, klare Auflösung, Kalkwasser. Kochendes Wasser löst nur ½ so viel auf als kaltes, also ein ähnlicher Fall wie beim Glaubersalze. Wegen der großen Affinität des gebrannten Kalkes zum Wasser kann man ihn anwenden, um feuchte Locale auszutrocknen und um aus gewöhnlichem Weingeist wasserfreien oder absoluten zu machen.

Kalk und Kohlensäure. Beispiele davon, daß der gebrannte Kalk sich begierig mit der Kohlensäure verbindet, sind schon genug dagewesen, z. B. bei den Verbrennungsversuchen und der Bereitung von Aetzkali und Aetznatron. Man hat in ihm daher ein gutes Mittel, um Luft, die viel Kohlensäure enthält, zu reinigen, z. B. die Luft in alten Kellern, Brunnen und Bergwerken, oder in Kellern, in denen sich gährende Flüssigkeiten, wie Weinmost, Bierwürze oder Branntweinmaische 2c., befinden. Auch dem rohen Leuchtgase entzieht man gewöhnlich durch Kalkmilch seine Kohlensäure, sowie zugleich das beigemengte Schwefelwasserstoffgas. Wir benutzen die Kalkmilch ferner allgemein zum Ausweißen unserer Stuben; der Ueberzug wird an den Wänden schnell weiß und besteht nach dem Trocknen nicht mehr aus Kalkhydrat, sondern aus Kreide.

Luftmörtel. Kalk als Mörtel. Einzelne Holzstücken werden mit Leim zusammengeklebt, einzelne Steine mit Kalkbrei, zu dem man zuvor Sand gemischt hat (Mörtel). Dies ist die wichtigste Benutzung des Kalks. Ein Gemenge von Kalkbrei und Sand wird an der Luft nach und nach hart und steinartig, daher sein Name: Luftmörtel. Das Hartwerden ist dreierlei Ursachen zuzuschreiben: 1) das Wasser verdunstet und das Kalkhydrat bleibt als eine zusammenhängende Masse zurück; 2) der Kalk zieht Kohlensäure aus der Luft an und es bildet

sich ein Gemisch von Kalkhydrat und kohlensaurem Kalk, welches eine größere Festigkeit besitzt als beide Körper allein; 3) an der Oberfläche des Sandes entsteht nach und nach eine chemische Verbindung der Kieselsäure mit dem Kalk, beide verwachsen gleichsam mit einander. Hiedurch insbesondere erklärt sich die außerordentliche Festigkeit des Mörtels an alten Bauwerken. Wenn unsere Gebäude Jahrhunderte alt sind, so wird der Mörtel daran gewiß auch dieselbe Festigkeit haben, vorausgesetzt, daß man ihn mit gutem Quarzsande, nicht aber, wie es so oft geschieht, mit lehmigem oder glimmrigem Sande bereitete. Der Sand vermindert außerdem noch das Schwinden oder Zusammenziehen des Mörtels; Kalkbrei ohne Sand trocknet zu einer rissigen Masse ein, nicht aber, wenn er mit Sand versetzt worden. Alter Mörtel besteht also aus Kalkhydrat, kohlensaurem Kalk und Kieselerde (Sand). Luftmörtel.

Brennt man einen Kalkstein, in dem Thon enthalten ist, oder ein inniges Gemenge von Kreide mit $^1/_5$ Thon, so erhält man gebrannten Kalk, welcher mit Wasser und Sand einen Mörtel giebt, der wie Gyps schnell erstarrt und unter Wasser steinhart wird; er heißt Wassermörtel oder hydraulischer Kalk (Römischer Cement, Portland Cement ꝛc.) und ist ein vortreffliches Bindemittel für die Steine bei Brücken- und anderen Wasserbauten. Thon ist kieselsaure Thonerde, der hydraulische Kalk ist also ein inniges Gemenge von gebranntem Kalk mit kieselsaurer Thonerde; die Kieselsäure ist in ihm in aufgeschlossenem Zustande zugegen und veranlaßt eine Verkieselung der Kalk- und Thonerde, indem sie damit steinähnliche Silicate erzeugt. In ähnlicher Weise wirken vulkanische Gesteine und Aschen (Puzzolane, Traß ꝛc.), Schlacken, Wasserglas ꝛc., welche aufgeschlossene Kieselerde enthalten, wenn man sie dem Kalkmörtel zusetzt. Wassermörtel

## Weitere Versuche mit Kalk.

**Versuch.** Man wickle ein Stück gebrannten Kalk in ein Papier oder Leinwandläppchen ein und lege es einige Wochen bei Seite: Papier und Leinwand werden nach einiger Zeit so mürbe geworden sein, daß man sie mit Leichtigkeit zerzupfen kann; der Kalk Kalk wirkt ätzend.

Kalk wirkt ätzend. hat sie, wie man zu sagen pflegt, zerfressen. Gebrannter Kalk wirkt also, ähnlich dem Kali oder Natron, ätzend auf organische Stoffe, und deswegen wird er auch häufig Aetzkalk genannt. Reibt man Kalkbrei zwischen den Fingern, so kann man seine ätzende Wirkung auf die Haut leicht durch's Gefühl bemerken. In den Gerbereien legt man die Häute in Kalkmilch, um sie so weit aufzulockern, daß sich die Haare abreiben lassen. In der Landwirthschaft ist es zweckmäßig, das Unkraut, z. B. Quecken ꝛc., mit Kalk gemengt auf Haufen zu schichten, weil durch den Kalk eine viel schnellere Verwesung der Pflanzentheile zu Dünger bewirkt wird. Ganz falsch dagegen ist es, den schon verwesten oder gefaulten Dünger mit Kalk zu vermengen, denn in diesem sind Ammoniaksalze enthalten, deren Ammoniak durch den Kalk ausgetrieben wird; er muß also an Wirksamkeit verlieren.

Kalk düngt. Verbrennt man Pflanzen, so erhält man immer, sie mögen gewachsen sein, wo sie wollen, eine Asche, welche größere oder geringere Mengen von Kalk enthält; besonders reich daran sind beispielsweise Klee, Erbsen, Taback, Huflattig u. a., die man deshalb Kalkpflanzen zu nennen pflegt. Fehlt es einem Erdboden an Kalk, so können diese Pflanzen nicht kräftig wachsen, wohl aber können sie dies, wie die tägliche landwirthschaftliche Erfahrung lehrt, wenn man diesem Mangel durch Zufuhr von Kalk oder Mergel abhilft. Daher die Bedeutung des Kalks als Düngemittel. Da der Kalk eine starke Basis ist, so bietet er dem Landwirth ein wirksames und wohlfeiles Mittel dar, um saure Bodenarten, z. B. Moor- und Torfboden, zu neutralisiren und zu entsäuern, und sie dadurch fruchtbarer zu machen.

Kalk u. Seife. **Versuch.** Man löse ein wenig Seife in heißem Wasser auf und gieße Kalkwasser hinzu: es entsteht eine Trübung und später setzen sich weiße Flocken ab, die zwischen den Fingern gerieben klebrig werden. Dasselbe bemerkt man, wenn man sich mit Seife und Kalkwasser wäscht; die Seife schäumt nicht und reinigt nicht. Kalkhaltiges, sogenanntes hartes Wasser kann daher nicht zum Waschen angewendet werden. Die klebrige Masse, die sich hiebei ausscheidet, ist Kalkseife, eine Verbindung der in der Seife enthaltenen fettigen

Stoffe mit Kalk. Kali- und Natronseifen sind löslich in Wasser, Kalkseife ist unlöslich.

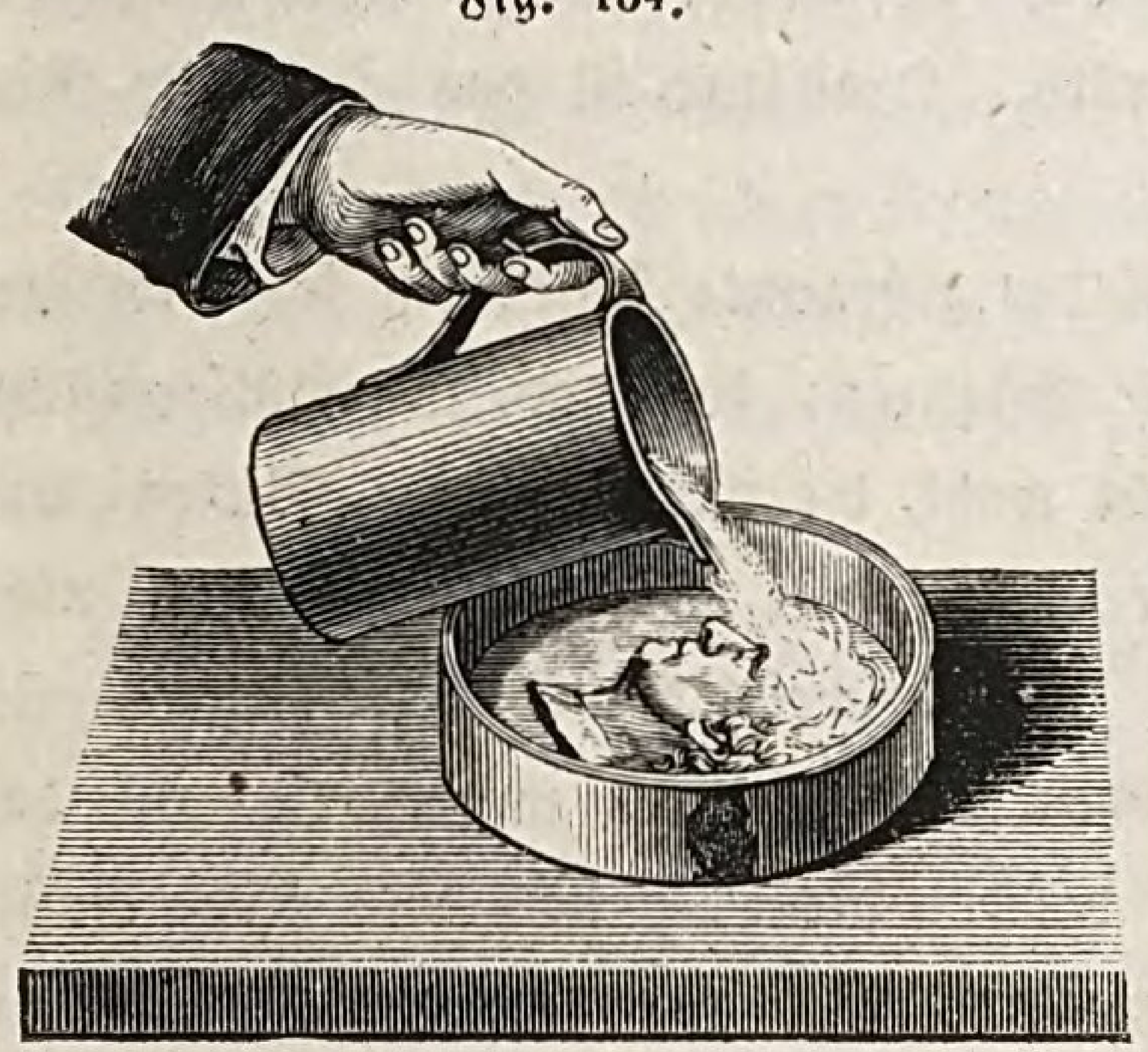
Der Aetzkalk ist eine Verbindung von Sauerstoff mit einem sehr schwer darstellbaren, hellgelben, dehnbaren Metalle, welches den Namen Calcium (Ca) erhalten hat; er kann daher auch Calciumoxyd (CaO) genannt werden. Der Kalk ist nach den Alkalien eine der stärksten Basen. Bestandtheile des Kalks.

241. Gyps oder schwefelsaurer Kalk ($CaO, SO_3 + 2 HO$).

**Versuch.** Der bei früheren Versuchen (164. 176.) gewonnene Gyps wird in einem eisernen Schälchen unter Umrühren so lange gelind erhitzt, bis keine Dämpfe mehr daraus entweichen: er wird nachher um ⅕ weniger wiegen als vorher, und heißt gebrannter Gyps. Der Gewichtsverlust rührt von dem Krystallwasser des Gypses her, welches durch die Hitze ausgetrieben wurde. Dazu reicht schon eine Temperatur von 120° C. hin. Gyps.

**Versuch.** Man wickle um den Rand eines Thalerstückes einen Papierstreifen, dessen Ende zuletzt durch Siegellack festgeklebt wird, so daß man ein Kästchen erhält, dessen Boden von dem Thaler gebildet wird. Nun schütte man zwei gestrichene Eßlöffel voll gebrannten Gyps und einen Löffel Wasser in ein Gefäß, rühre schnell um und gieße den Brei in das Kästchen: er wird nach wenigen Minuten so hart sein, daß man Papier und Münze wegnehmen kann. Gypsabdrücke.

Fig. 134.



Die untere Seite des Gypses enthält einen vertieften Abdruck des Gepräges der Münze. Bepinselt man den Gypsabdruck, nachdem er vollständig ausgetrocknet ist, mit starkem Seifenwasser, das man mit einigen Tropfen Oel versetzt hat, so kann man sich durch abermaliges

Gypsabdrücke. Aufgießen von Gypsbrei eine erhabene Copie darstellen. Das schnelle Festwerden findet darin seine Erklärung, daß der wasserfreie, gebrannte Gyps sich wieder mit so viel Wasser chemisch verbindet, als er beim Brennen verloren hat. War er bis über 160° C. erhitzt worden, so erstarrt er nicht; er hat dann die Verwandtschaft zum Wasser verloren. Auf ähnliche Weise werden die bekannten Gypsfiguren in hohlen Formen dargestellt. In der Baukunst benutzt man den Gyps zu Verzierungen aller Art an Wänden und Decken, die man Stuccaturarbeiten nennt.

Vorkommen. Der Gyps gehört zu den sehr häufig vorkommenden Gesteinen, er bildet in manchen Gegenden, z. B. bei Jena, ganze Bergzüge. Ist er in Tafeln krystallisirt, so nennt man ihn Marienglas; ist er körnig-krystallinisch und schneeweiß, so heißt er Alabaster. Man findet ihn auch in den meisten Quellwässern.

Gyps und Wasser. Der Gyps ist sehr schwer löslich in Wasser; 1 Loth Wasser kann nur ½ Gran Gyps auflösen.

Reagens auf Kalk. Um zu erkennen, ob Gyps in einer Flüssigkeit enthalten sei, versetzt man diese a) mit Chlorbariumlösung, wodurch die Schwefelsäure angezeigt wird, b) mit Oxalsäurelösung, durch welche sich die Gegenwart von Kalk verräth. Oxalsäure ist das genaueste Reagens auf Kalksalze (197.).

Gyps düngt. Daß auch der Gyps, wie der gebrannte Kalk, ein sehr kräftiges Düngungsmittel für viele Pflanzen, besonders für Hülsenfrüchte ist, wissen die Landwirthe recht wohl, die ihre Erbsen-, Wicken- und Kleefelder häufig damit bestreuen. Hiebei nehmen die Pflanzen nicht nur den Kalk, sondern auch den Schwefel der Schwefelsäure in sich auf. Nächstdem wirkt der Gyps auch dadurch wohlthätig auf das Pflanzenwachsthum, daß er das in der Luft und dem Regenwasser enthaltene kohlensaure Ammoniak einsaugt und im Boden fixirt, indem sich diese beiden Salze in schwefelsaures Ammoniak und kohlensauren Kalk umsetzen.

Schwefelcalcium. Glüht man Gyps mit Kohle, so erhält man daraus Schwefelcalcium, welches, ebenso wie Schwefelleber, mit verdünnten Säuren Schwefelwasserstoffgas entwickelt. Diese Verbindung ist in dem Gas-

kalk der Leuchtgasfabriken, wie in der frischen Asche der meisten Braunkohlen- und Torfsorten enthalten, und verursacht deren beizende Wirkung auf die Pflanzen, die man damit überstreut. Bei längerem Liegen an feuchter Luft geht sie durch Sauerstoffanziehung in schwefelsauren Kalk oder Gyps über.

242. Phosphorsaure Kalkerde ($3\,CaO, PO_5$) macht, wie schon bekannt, den Hauptbestandtheil der Knochen aus; im Mineralreiche kommt sie als Apatit und Phosphorit vor. Neuerdings hat man sie auch, namentlich in England, in der Form von versteinerten oder verkieselten Knochen in manchen Gebirgsarten in so großer Menge gefunden, daß man sie als Düngemittel anwendet. Daher der ihnen ertheilte Name Koprolithen, d. i. Düngesteine. Die Pflanzen bedürfen insbesondere zur Ausbildung ihrer Samen große Mengen von phosphorsaurem Kalk.

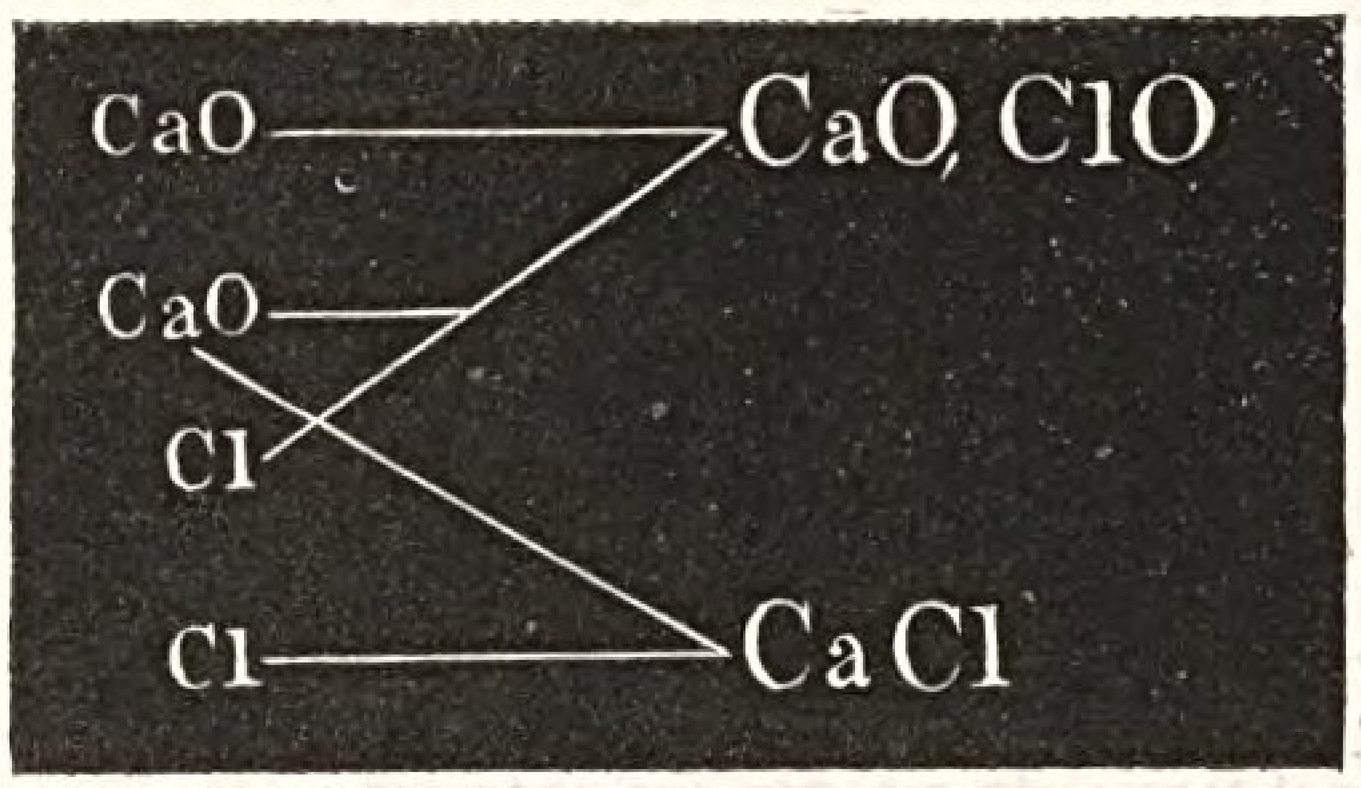
243. Salpetersaure Kalkerde ($CaO, NO_5$) bildet sich immer, wenn stickstoffhaltige Substanzen und Kalk längere Zeit zusammen in Berührung bleiben (207.). Sehr oft erzeugt sich dieses Salz in dem Kalkputze der Mauern an Orten, wo urinöse Flüssigkeiten oder ammoniakalische Dämpfe zugegen sind, z. B. in Viehställen. Der Kalk verliert dadurch seinen Zusammenhang und bröckelt ab, insbesondere dann, wenn der Regen den leicht löslichen salpetersauren Kalk auswäscht. Man pflegt im gewöhnlichen Leben diesen Vorgang Mauerfraß zu nennen. Salpetersaurer Kalk.

### 244. Chlorkalk oder unterchlorigsaure Kalkerde ($CaO, ClO + CaCl$).

**Versuch.** 1 Loth gelöschter Kalk wird mit 12 Loth Wasser angerührt und in die entstandene Kalkmilch unter öfterem Umrühren so viel Chlor geleitet, als sich aus 4 Loth Salzsäure und 1 Loth Braunstein entwickelt. Die durch Stehen abgeklärte Flüssigkeit ist als eine Auflösung von Chlorkalk anzusehen und gegen Luft und Licht geschützt aufzubewahren. Dem Anscheine nach vereinigt das Chlor sich ohne Weiteres mit dem Kalk; dies ist jedoch nicht möglich, weil Chlor ein einfacher und Kalk ein zusammengesetzter Körper ist und Chlorkalk.

Chlorkalk.

diese sich nicht chemisch mit einander vereinigen können. Der wirkliche Vorgang ist folgender: Die Hälfte Kalk läßt ihren Sauerstoff los und wird zu Calcium, welches, als ein einfacher Körper, sich mit Chlor verbindet; der aus dem Kalk frei gewordene Sauerstoff verbindet sich mit dem übrigen Chlor zu unterchloriger Säure (ClO), welche, als ein zusammengesetzter Körper, sich nun mit der anderen Hälfte Kalk vereinigen kann. Es bildet sich also ein Haloidsalz, Chlorcalcium, und ein Sauerstoffsalz, unterchlorigsaure Kalkerde. Die letztere ist das Wirksame, das Bleichende, in dem Chlorkalk; das Chlorcalcium ist nur als ein gleichgültiger Ballast anzusehen. Der Name Chlorkalk ist hienach ein unrichtiger; er ist aber, wie so manche andere, im gewöhnlichen Leben bereits so eingebürgert, daß er durch einen anderen nicht mehr verdrängt werden kann. Man vergesse dabei nur nicht, daß Chlorkalk ganz etwas Anderes bedeutet, als Chorcalcium.




bleicht.

bleicht nicht.

Bereitung im Großen.

Durch den Chlorkalk bleicht man jetzt Kattun und Leinwand in so viel Tagen, als man sonst Wochen, ja Monate brauchte; er wird deswegen in Bleichereien und Druckereien in außerordentlichen Mengen verbraucht und in chemischen Fabriken in außerordentlichen Mengen bereitet. Die Bereitung im Großen kommt mit der oben angegebenen überein, nur nimmt man statt der Kalkmilch gelöschten Kalk, den man in Kammern auf Horden ausbreitet; dieser verschluckt das Chlor ebenso wie die Kalkmilch. Man erhält den Chlorkalk dann als ein krümliches Pulver, das an der Luft feucht wird und chlorähnlich riecht. Mit Wasser übergossen erhält man daraus dieselbe Flüssigkeit, die oben dargestellt wurde.

## Versuche mit Chlorkalklösung.

Chlorkalk bleicht.

Versuch a. Man lege ein Stückchen buntbedruckten Kattun in eine Lösung von Chlorkalk: sind Pflanzenfarben unter den Farben, womit der Kattun bedruckt ist, so werden diese, aber sehr langsam, gebleicht.

Chlorkalk bleicht.

**Versuch** b. Man verfahre ebenso, füge aber einige Tropfen verdünnte Salzsäure oder Schwefelsäure hinzu: die Bleichung wird augenblicklich erfolgen, und zwar unter Entwicklung eines starken Geruchs nach Chlor. Die Säuren treiben die schwache unterchlorige Säure aus, und diese zerfällt in Sauerstoff und Chlor. Läßt man das Zeug längere Zeit in der Chlorkalklösung liegen, so wird auch die Pflanzenfaser durch das Chlor zersetzt (zerfressen) und verliert ihre Festigkeit.

Prüfung des Chlorkalks.

**Versuch** c. Zu einem Theile der Lösung tröpfle man Indigtinctur: der Indig wird sogleich zersetzt und seine blaue Farbe in eine gelbe umgeändert. Fährt man mit dem Zugeben so lange fort, bis die blauen Tropfen blau bleiben, und merkt sich die Menge der verbrauchten Indiglösung an, so kann man danach die Stärke verschiedener Chlorkaltsorten tariren; denn je mehr unterchlorige Säure in einem Chlorkalk ist, um desto mehr Indig wird er zu entfärben im Stande sein.

Chlorkalk zerstört Gerüche.

d) Wie das freie Chlor, so vernichtet auch der Chlorkalk die üblen Gerüche, die sich da entwickeln, wo organische Stoffe faulen oder verwesen. Düngerstätten werden geruchlos durch Aufstreuen von Chlorkalk, dumpfe Keller wieder rein durch Ausweißen mit in Wasser eingerührtem Chlorkalk 2c.

Bei allen diesen Zersetzungen verbindet sich das Chlor immer mit dem Wasserstoff der farbigen oder riechenden Stoffe.

Eau de Javelle.

Leitet man Chlor, statt in Kalkmilch, in eine Auflösung von Soda, so erhält man unterchlorigsaures Natron, gleichfalls eine Bleichflüssigkeit, die unter dem Namen Eau de Javelle bekannt ist.

## 245. Chlorcalcium oder salzsaure Kalkerde. (Ca Cl oder Ca O, H Cl).

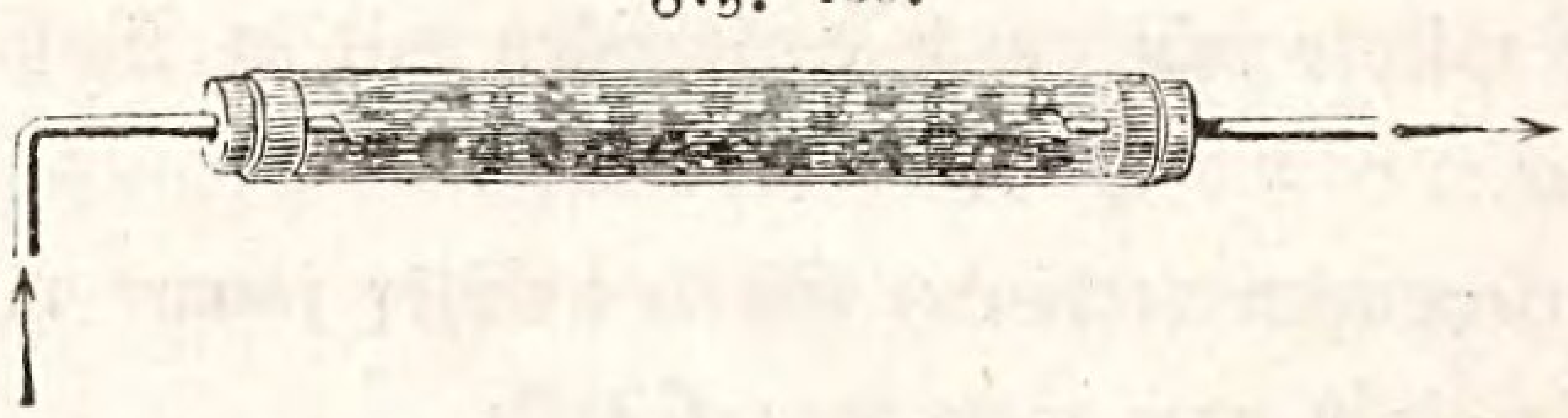
Chlorcalcium, krystallisirt.

**Versuch.** Man werfe in Salzsäure, die man mit der Hälfte Wasser verdünnt hat, so lange Kreidestückchen, als diese sich unter Brausen auflösen; die filtrirte Lösung wird eingedampft, bis sie dicklich wie Syrup ist. Man erhält aus derselben beim Erkalten

Chlorcalcium, krystallisirt. große, spießige Krystalle von Chlorcalcium, die durch Ausdrücken von Fließpapier schnell getrocknet und gut verstopft aufbewahrt werden müssen, weil sie außerdem sehr bald zerfließen. Man kann dieses Salz zur Winterszeit benutzen, um Quecksilber zum Gefrieren zu bringen. Zu dem Ende stellt man es nebst einem Mörser eine Nacht an einen kalten Ort, zerreibt es dann in dem Mörser und mengt es darin mit Schnee; Quecksilber, in einem Glasröhrchen in die Mischung gestellt, wird fest werden, ein Weingeistthermometer darin bis unter — 40° C. sinken. Schnee und Chlorcalcium zerfließen, aus zwei festen Körpern entsteht also ein flüssiger, und bei diesem Uebergange muß nothwendiger Weise sehr viel freie Wärme latent werden.

Chlorcalcium, geschmolzen. Die Krystalle von Chlorcalcium enthalten die Hälfte ihres Gewichts Krystallwasser; erhitzt man sie, so geht das Wasser fort und man erhält geschmolzenes Chlorcalcium, eins der hygroskopischsten Salze, das man sehr gut anwenden kann, um aus gewöhnlichem Weingeist absoluten zu machen und um Gasarten zu trocknen. Zu letzterem Behufe füllt man es, in Stücken zerschlagen, in eine etwas weite Glasröhre und verbindet diese mittelst zweier Korke mit zwei engen Glasröhren, durch welche die Luftart ein- und ausströmt; das Chlorcalcium entzieht der letzteren während des Durchstreichens allen Wasserdampf. Als Nebenproduct gewinnt man das Chlorcalcium bei der Bereitung von Salmiakgeist (231.). Daß es einen (aber unwirksamen) Bestandtheil des bekannten Chlorkalkes ausmacht, wurde schon bei 244. angegeben.

Fig. 135.



246. Fluorcalcium (Ca Fl) kommt unter dem Namen Flußspath, oft in schönen Würfeln krystallisirt, als ein gewöhnliches Mineral in der Natur vor. Es schmilzt in der Hitze leicht (daher sein Name), und giebt mit Schwefelsäure Flußsäure (190.).

## Barium und Strontium (Ba und Sr).

(Schwererdemetall. — Strontianerdemetall.)

(At.-Gew. = 856. — At.-Gew. = 548.)

— Baryterde 1774 von Scheele, Strontianerde 1790 entdeckt. —

247. Diese beiden Metalle haben eine so große Aehnlichkeit in ihren Eigenschaften und Verbindungen mit dem Calcium, daß man sie als ein Paar Geschwister von demselben ansehen möchte. Ihre Oxyde werden **Baryterde** (Ba O) und **Strontianerde** (Sr O) genannt; sie erhitzen sich, wie die Kalkerde, mit Wasser und reagiren **basisch**. Kohlensaure Baryterde und Strontianerde sind, wie die Kreide, ganz **unlöslich** in Wasser und verlieren durch starkes Erhitzen ihre Kohlensäure, jedoch viel schwieriger, als die Kreide. Die Kalksalze lassen sich, wie wir gesehen, sehr einfach darstellen, da man nur nöthig hat, Marmor oder Kreide mit Säuren zu übergießen; nicht so leicht geht dies mit den Baryt- und Strontiansalzen, weil man die Baryt- und Strontianerde selten mit Kohlensäure, sondern am häufigsten mit Schwefelsäure verbunden in der Natur antrifft, also mit einer Säure, die stärker ist, als alle anderen. Man ist daher gezwungen, denselben Umweg einzuschlagen, der bei der Sodabereitung befolgt wurde; man muß nämlich die schwefelsauren Salze durch Glühen mit Kohle zuerst zu Schwefelmetallen reduciren und diese nachher durch Säuren zersetzen. Barium und Strontium

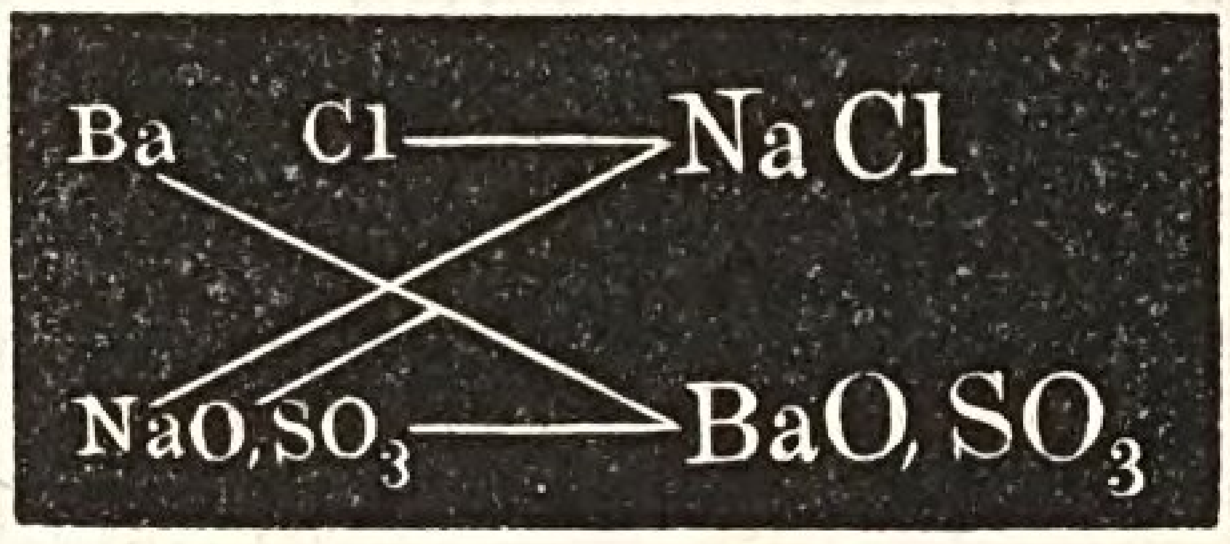
**Chlorbarium** oder salzsaure Baryterde (Ba Cl) ist das bekannteste lösliche Barytsalz. Es krystallisirt in durchsichtigen Täfelchen und wird als Arzneimittel angewendet. Der Chemiker benutzt es als das schärfste Erkennungsmittel für Schwefelsäure und schwefelsaure Salze (171.). Zu demselben Gebrauche dient auch die salpetersaure Baryterde. Chlorbarium.

### Schwefelsaure Baryterde (Ba O, $SO_3$).

**Versuch.** Man löse etwas **Glaubersalz** in Wasser auf und setze so lange eine Lösung von **Chlorbarium** hinzu, als noch ein Schwefelf. Baryt.

Schwefels. Baryt.

Niederschlag entsteht: es bildet sich durch doppelte Wahlverwandtschaft Chlornatrium und schwefelsaure Baryterde; die letztere ist in Wasser, ebenso auch in Säuren, ganz unlöslich und fällt deshalb als ein schweres, weißes Pulver zu Boden.




löslich.
unlöslich.

Der unter dem Namen **Schwerspath** bekannte, schwere Stein, den man, oft in schönen Tafeln krystallisirt, fast überall beim Bergbau antrifft, ist natürliche schwefelsaure Baryterde. Daraus stellt man den Baryt und die Barytsalze dar. Man wendet dieses Mineral, zu Pulver gemahlen, auch als weiße Farbe (Schieferweiß) und zum Versetzen des Bleiweißes an.

Strontiansalze.

Von den **Strontiansalzen** ist das Bemerkenswertheste, daß sie die Flammen brennender Körper **purpurroth färben**. **Salpetersaure Strontianerde** verpufft auf glühenden Kohlen, wie die anderen salpetersauren Salze; sie wird allgemein den Feuerwerkssätzen zugesetzt, welche mit rother Farbe verbrennen sollen. Eine solche Masse zum Rothfeuer erhält man aus 20 Th. getrocknetem salpetersauren Strontian, 6½ Th. Schwefelblumen, 5 Th. chlorsaurem Kali und 2 Th. Schwefelantimon (oder statt des letzteren 1 Th. Kohle) Das chlorsaure Kali muß für sich feucht feingerieben werden (208.) **Chlorstrontium** oder salzsaure Strontianerde dient zum Rothfärben der Weingeistflamme, da dieses Salz in Weingeist löslich ist.

## Magnesium (Mg).

(At.-Gew. = 150 [Talkerdemetall]. Specif. Gew. = 1,7.)

— Talkerde 1755 von **Black** nachgewiesen. —

### 248. Bittersalz oder schwefelsaure Magnesia ($MgO, SO_3 + 7HO$).

Bittersalz oder schwefelsaure Magnesia.

Ein Bruchstück von einem **Serpentinmörser** wird, in Papier eingewickelt, mit einem Hammer zerklopft, dann in einem eisernen Mörser fein gerieben und 1 Loth davon in einem Porzellanschälchen

Bittersalz oder schwefelsaure Magnesia.

mit englischer Schwefelsäure zu einem Brei angerieben, den man einige Tage an einen warmen Ort hinstellt. Hierauf rührt man vorsichtig 3 Loth Wasser darunter, läßt das Gemenge noch einige Tage stehen und gießt endlich die warme, klare Flüssigkeit ab. Sie ist grünlich von mitaufgelöstem Eisenoxydul und wird kochend tropfenweise mit Salpetersäure versetzt, bis die Flüssigkeit eine gelbe Farbe angenommen hat; dadurch wird das Eisenoxydul zu Oxyd. Bis zur Salzhaut abgedampft, setzen sich Krystalle daraus ab, die man noch einmal in kochendem Wasser löst und umkrystallisirt. In der Mutterlauge bleibt schwefelsaures Eisenoxyd, welches nur schwer zum Krystallisiren zu bringen ist. Die Krystalle schmecken bitter und haben deshalb den Namen Bittersalz erhalten. Ihre Bestandtheile sind Schwefelsäure und eine Basis, die Magnesia (MgO) genannt wird, oder auch Bittererde, weil alle ihre löslichen Salze bitter schmecken. In dem Serpentinsteine ist diese Basis mit Kieselsäure verbunden; die stärkere Schwefelsäure verdrängt die letztere und verbindet sich mit der Basis zu einem auflöslichen Salze, während die Kieselerde ungelöst zurückbleibt. Wir finden kieselsaure Magnesia auch noch in anderen Steinen, z. B. in dem Meerschaum, Speckstein, Talk, Federweiß, in der Hornblende, in vielen Glimmerarten u. s. w. Alle diese Steine fühlen sich schlüpfrig oder fettig an und heißen Talksteine. Hievon hat die Magnesia noch den dritten Namen, Talkerde, erhalten.

Bitterwässer.

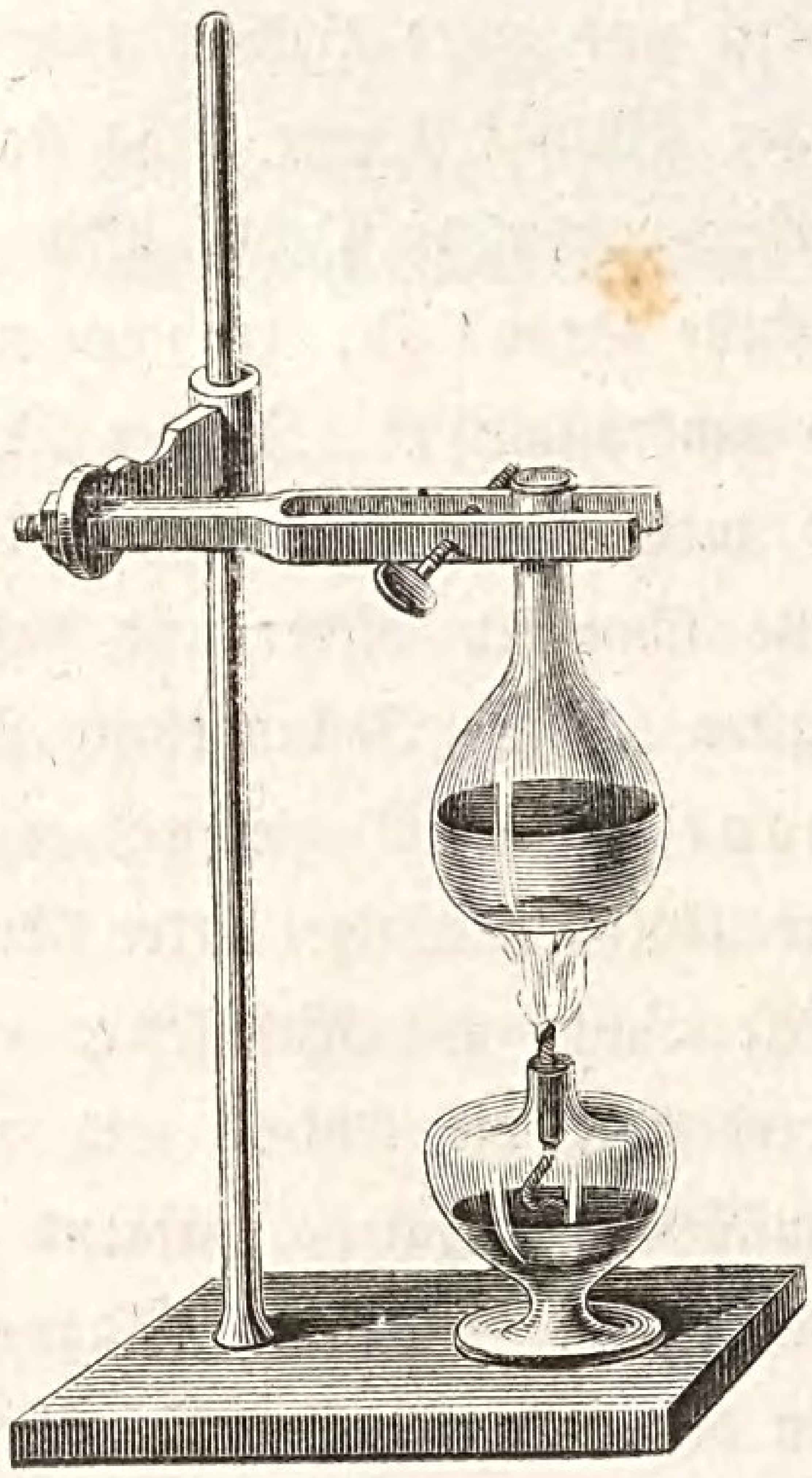
Das Bittersalz ist eins der bekanntesten Abführmittel und wird in der Heilkunde vielfach angewendet. Gewöhnlich erhalten wir es im Handel nicht in ganzen Krystallen, sondern in der Form von kleinen Salznadeln. Diese entstehen dadurch, daß man die Auflösung davon stärker als bis zur Krystallhaut eindampft und während des Erkaltens umrührt; es tritt also eine gestörte Krystallisation ein. In manchen Gegenden, z. B. zu Saidschütz in Böhmen, kommen Quellwässer vor, in denen Bittersalz aufgelöst ist: man benutzt diese oft als Heilmittel (Bitterwässer). Dampft man sie ab, so gewinnt man daraus gleichfalls Bittersalz.

249. Weiße oder kohlensaure Magnesia.

Kohlensaure Magnesia.

Versuch. 1 Loth Bittersalz wird in 8 Loth kaltem Wasser gelöst und die Auflösung so lange mit einer Sodalösung unter

Fig. 136.



Umrühren versetzt, als ein Niederschlag entsteht. Der Niederschlag ist kohlensaure Magnesia, in der Auflösung aber befindet sich schwefelsaures Natron; das Bittersalz und die Soda haben also ihre Bestandtheile gegenseitig ausgetauscht. Die milchähnliche Flüssigkeit wird nun bis zum Kochen erhitzt und dann auf ein Filtrum gegossen, der Niederschlag ausgewaschen und getrocknet; er bildet die bekannte, überaus lockere und leichte weiße Magnesia der Apotheken. Während des Kochens entweicht etwas Kohlensäure. Kohlensaure Magnesia findet sich auch in manchen Marmor- und Kalksteinarten, die man dann Dolomite nennt

250. Magnesia (Magnesiumoxyd, Talkerde oder Bittererde) ($MgO$).

Gebrannte Magnesia.

Glüht man die weiße Magnesia gelind, so verliert sie, ganz ähnlich der Kreide, nur leichter, ihre Kohlensäure, wie zugleich das Wasser, mit dem sie chemisch verbunden ist, und es bleibt ein lockeres Pulver zurück, das man gewöhnlich gebrannte Magnesia (Magnesiumoxyd) nennt. Es ist im Wasser beinahe ganz unlöslich und besteht aus einem Metalle, Namens Magnesium, und Sauerstoff.

251 Chlormagnesium oder salzsaure Magnesia
($MgCl$ oder $MgO, HCl$).

**Versuch.** Man übergieße etwas weiße Magnesia mit verdünnter Salzsäure: die Kohlensäure entweicht, in der Flüssigkeit aber ist Chlormagnesium aufgelöst. Dieses Salz findet sich immer da, wo Kochsalz vorkommt; es bleibt, weil es sehr leichtlöslich und hygroskopisch ist, beim Abdampfen der Salzsoolen in der Mutterlauge zurück. Daher kann man aus der letzteren auch Bittersalz gewinnen, wenn man das Chlormagnesium in schwefelsaure Magnesia verwandelt. Der bittere Geschmack des Meerwassers rührt von diesem Salze her. Chlormagnesium.

**Versuch.** Man setze zu einem Glase Wasser nur einige Tropfen von der Flüssigkeit des vorigen Versuchs, oder ein wenig Bittersalz, und füge dann aufgelöstes phosphorsaures Natron und etwas Ammoniak hinzu: es entsteht eine Trübung und später setzt sich ein krystallinischer, durch Salmiakzusatz nicht verschwindender Niederschlag ab (phosphorsaure Ammoniak-Magnesia). Auf diese Weise läßt sich die Magnesia am genauesten erkennen. In concentrirteren Lösungen bewirkt schon Ammoniak allein einen Niederschlag. Reagens auf Magnesia.

## Rückblick auf die alkalischen Erden (Kalk-, Baryt-Strontian- und Talkerde)

1) Die Erdalkalimetalle haben, wie die Alkalimetalle, sehr große Affinität zum Sauerstoff; ihre Darstellung ist höchst schwierig.

2) Die Oxyde derselben heißen alkalische Erden; Erden, weil sie schwer löslich sind; alkalische, weil sie basisch reagiren. (Die Alkalien sind leicht löslich.)

3) Die alkalischen Erden sind nach den Alkalien die stärksten Basen.

4) Die alkalischen Erden wirken ätzend, aber weit weniger als die Alkalien; daher die Namen Aetzkalk und Aetzbaryt.

5) Sie ziehen gleichfalls begierig Kohlensäure aus der Luft an.

6) Die kohlensauren alkalischen Erden sind ganz unlöslich im Wasser (die kohlensauren Alkalien leicht löslich).

7) Die kohlensauren alkalischen Erden verlieren durch starkes Glühen ihre Kohlensäure (die kohlensauren Alkalien nicht).

8) Die alkalischen Erden geben mit Fetten unlösliche Seifen (die Alkalien lösliche)

---

## Dritte Gruppe: Erdmetalle.

### Aluminium (Al).

(At.-Gew. = 171 [Alaun- oder Thonerdemetall]. Specif. Gew. = 2.7).

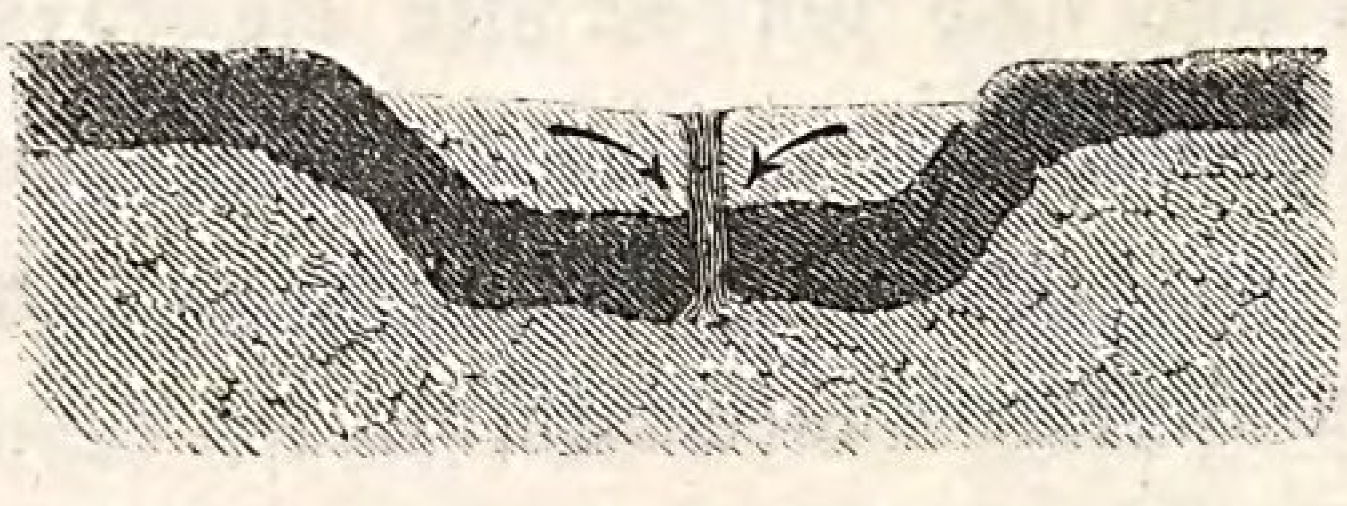
— 1827 von Wöhler entdeckt. —

### Thon und Lehm.

Thon ist plastisch. 252. An dem bekannten Töpferthon und dem noch bekannteren Lehm kennt Jeder das eigenthümliche Verhalten zum Wasser: beide Erdarten werden, wenn man sie mit Wasser zusammenknetet, zu einem zusammenhängenden, schlüpfrigen Teige, aus dem sich Figuren aller Art bilden lassen, sie sind plastisch oder bildsam. Kalk und Sand, auf gleiche Weise behandelt, halten nicht zusammen, sondern bleiben bröcklich. Der Lehm unterscheidet sich von dem Thon nur dadurch, daß er mehr Sand enthält und durch beigemengten Eisenrost gelb oder braun gefärbt erscheint. Ein Thon, bei dem noch mehr Sand ist, als bei dem Lehm, wird gewöhnlich Letten genannt.

Thon ist wasserdicht. Versuch. Man mache aus Thon- oder Lehmteig ein hohles Gefäß und gieße Wasser hinein: das Wasser bleibt darin stehen, weil es von dem Thon nicht durchgelassen wird, wie vom Sande oder Kalke.

Fig. 137.

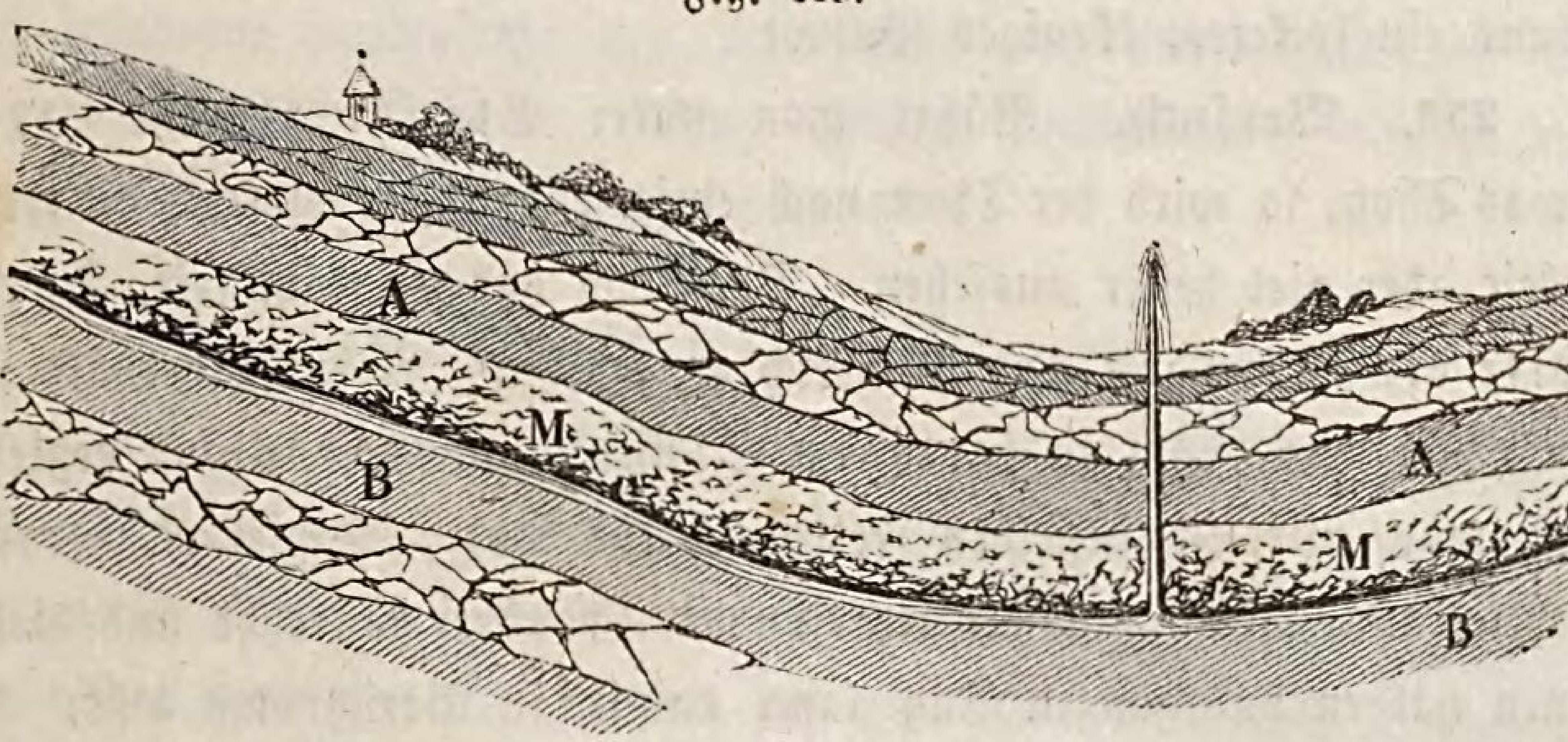


Finden sich Thonlager unter der Ackererde eines Feldes, so kann an solchen Stellen das Regenwasser nicht in die Tiefe eindringen, und es entstehen auf diese Weise die sogenannten kalten und nassen Stellen

oder Wassergallen. Man kann diese beseitigen, wenn man ein Loch durch diese Lager bis zur darunter befindlichen lockeren Erdschicht bohrt, durch welches das Wasser abläuft. (Fig. 137.) Wassergallen.

An vielen Orten trifft man im Innern der Erde mehre mit Kies- oder Sandschichten (M) abwechselnde Thonablagerungen (A, B) über einander an (Fig. 138). Ziehen sich diese bis zu Anhöhen hinauf, so muß das eindringende Regenwasser sich zwischen den Thonschichten ansammeln Artesische Brunnen.

Fig. 138.




und wie in einer Röhre in die Höhe steigen, da es sich weder auf- noch abwärts ausbreiten kann. Bohrt man in solchen Gegenden an einer tiefgelegenen Stelle eine Oeffnung bis unter die obere Thon- oder Lehmschicht, so wird durch diese das Wasser bis über die Oberfläche des Erdbodens emporgetrieben und es entsteht ein natürlicher Springbrunnen, der noch höher springt, wenn man das Bohrloch bis unter das zweite 2c. Thonlager niedertreibt. Den Namen **artesische Brunnen** haben diese Springquellen von der Grafschaft Artois in Frankreich erhalten, wo die Bodenverhältnisse so günstig sind, daß man fast bei jedem Bohrversuche auf solche trifft.

**Versuch.** Man schütte in ein Papierfilter 1 Loth trocknes **Thonpulver** (weißen Bolus), in ein anderes 1 Loth **Sand**, übergieße beide mit Wasser und wäge sie, wenn kein Wasser mehr abtröpfelt: der Thon wird ziemlich $^3/_4$ Loth, der Sand nur $^1/_4$ Loth mehr wiegen als vorher. War der Sand sehr grobkörnig, so wird Thon hält viel Wasser zurück.

Thon hält viel Wasser zurück. die Gewichtszunahme noch unbedeutender sein. Der Thon ist **zwar** im Wasser unlöslich, er kann aber, wie ein Schwamm, sehr viel **da**von einsaugen und zurückhalten, er hat, wie man zu sagen pflegt, **eine** sehr große wasserhaltende Kraft. In Folge dieser Eigenschaft läßt er auch das Wasser viel langsamer wieder los als der Sand, wie man leicht sehen kann, wenn man beide Filtra zum Trocknen an einen warmen Ort legt. Einen weiteren Unterschied zeigen diese beiden Erdarten nach dem Trocknen: der Thon bildet derbe, harte Klumpen, der Sand ein lockeres, körniges Pulver

Thon saugt Farben und Fette ein. 253. **Versuch.** Rührt man unter Blauholzbrühe (174.) etwas Thon, so wird der Thon nach einigen Stunden violett, die Flüssigkeit aber viel heller aussehen. Der Thon hat die Fähigkeit, Farbstoffe einzusaugen und unlöslich zu machen Aehnlich verhält sich der Thon oder Lehm zu fettigen Stoffen, wie sich daraus ergiebt, daß man mittelst desselben Fettflecke aus Holz, Papier rc. herausziehen kann, wenn man die letzteren mit Thonbrei bestreicht und diesen einen halben bis ganzen Tag lang damit in Berührung läßt. In den Tuchfabriken benutzt man unter dem Namen Walkerde eine milde Thonart, um das beim Spinnen in die Wolle gebrachte Fett wieder daraus zu entfernen.

Thon saugt Luftarten ein. 254. **Versuch.** Man lasse 1 Loth scharf getrockneten Lehm einige Wochen an der Luft liegen und wäge ihn nachher wieder: er wird mehr wiegen als vorher. Die Gewichtszunahme kann nur von Stoffen herrühren, die er aus der Luft eingesogen hat; diese sind Wasser, Kohlensäure und Ammoniak. Von der Gegenwart des letzteren in altem Lehm kann man sich leicht durch den Geruch überzeugen, wenn man ein Stück Lehm von einer alten Mauer, insbesondere aus der Nähe von Viehställen, mit etwas Kalk und einigen Tropfen Wasser zusammenreibt. Frisch aus der Grube genommener Lehm, auf gleiche Weise behandelt, zeigt keinen oder nur einen unbedeutenden Ammoniakgeruch. Hiedurch erklärt sich auch der eigenthümliche Geruch, den man an allen thonigen Steinen bemerkt, wenn man sie anhaucht, und durch den man leicht erkennen kann, ob in einem

Steine oder einer Erde Thon enthalten sei oder nicht. Da Wasser, Kohlensäure und Ammoniak die wichtigsten Nahrungsmittel für die Pflanzen sind, so ist es leicht einzusehen, daß der Lehm auch deswegen die Fruchtbarkeit der Felder erhöht, weil er die gedachten Stoffe aus der Luft anzieht. In sehr hohem Grade wirksam ist insbesondere der mit der Luft lange Jahre hindurch in Berührung gewesene Lehm, weil sich in demselben, in Folge langsamer Verwitterung, auflösliche Kalk- und Kalisalze (Salpeter ꝛc.) gebildet haben. Darum schätzen auch erfahrene Landwirthe den Lehmschutt von alten Gebäuden als einen vorzüglichen Dünger. Eine ähnliche Veränderung erfährt der Lehm auch durch gelindes Brennen (258.) Thon saugt Luftarten ein.

### Bestandtheile der Ackererde.

255. **Thon oder Lehm und Sand** bilden die **Hauptbestandtheile unseres Ackerlandes**; die Kenntniß ihrer Eigenschaften ist daher für den Land- und Forstwirth von großer Wichtigkeit, da er dadurch befähigt wird, sich über das verschiedene Verhalten des Bodens bei nassem oder trocknem Wetter, bei Kälte oder Hitze ꝛc. Rechenschaft zu geben. Reiner Thonboden ist ganz unfruchtbar, ebenso reiner Sandboden; man erhält aber eine sehr fruchtbare Erde, wenn man diese beiden Bodenarten mit einander vermengt. Der Thon- oder **fette** Boden ist zu fest und schwer (zu bündig), als daß die Wurzeln, besonders die kleiner Gewächse, sich hinlänglich darin ausbreiten könnten; er ist ferner zu dicht, als daß er einen freien Luftwechsel gestattete. Außerdem wird er bei kurzen Regengüssen **wasserhart**, d. h. er bekommt an der Oberfläche eine teigartige Rinde die das tiefere Eindringen des Wassers verhindert; bei anhaltendem Regen aber wird er **schlammig**, und dann läßt er das Wasser nur schwer wieder verdunsten und bleibt lange **naß** und **kalt**. Der Sand- oder **magere** Boden leidet an den entgegengesetzten Fehlern: er hat zu wenig Zusammenhang und ist zu porös und hält deshalb die Wurzeln der Pflanzen nicht fest genug; er wird von den Winden leicht aufgehoben und weggeweht; er läßt das Regenwasser zu tief eindrin- Ackerboden.

Ackerboden. gen und später wieder zu schnell verdunsten. Die angedeuteten Eigenschaften gehören zu dem, was man die äußere oder physische Beschaffenheit eines Bodens nennt. Es wird nun von selbst einleuchten, daß man die physische Beschaffenheit eines Thonbodens durch Zufuhr von Sand, die eines Sandbodens durch Zufuhr von Thon, Lehm oder Letten wesentlich verbessern kann

Prüfung der Ackererden durch Schlämmen.

256. **Prüfung der Ackererden. Versuch.** Um eine Ackererde auf ihren Gehalt an Lehm und Sand zu untersuchen, kocht man 1 Loth davon in einem Porcellanschälchen mit etwas Wasser eine

Fig. 139.

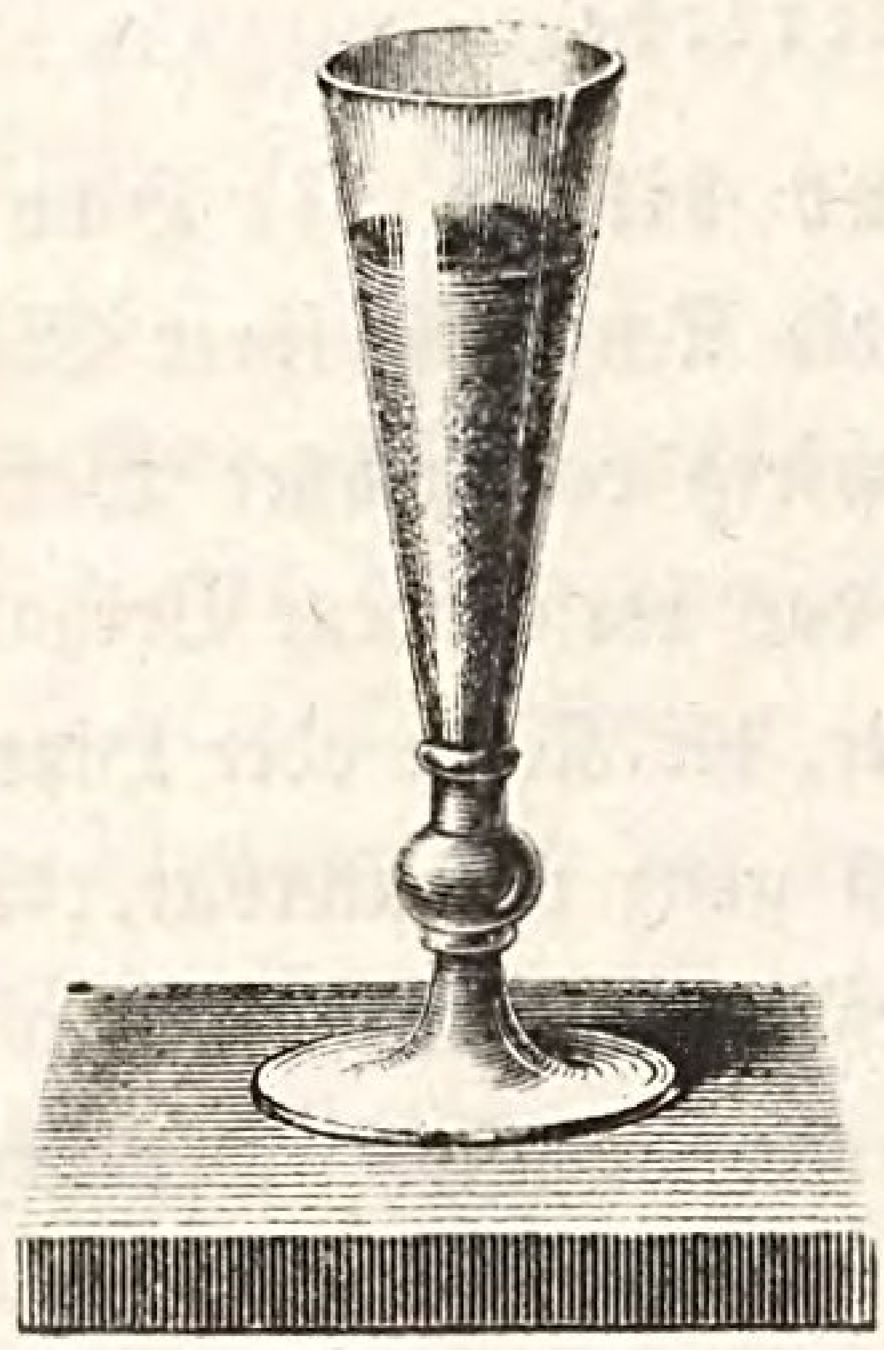
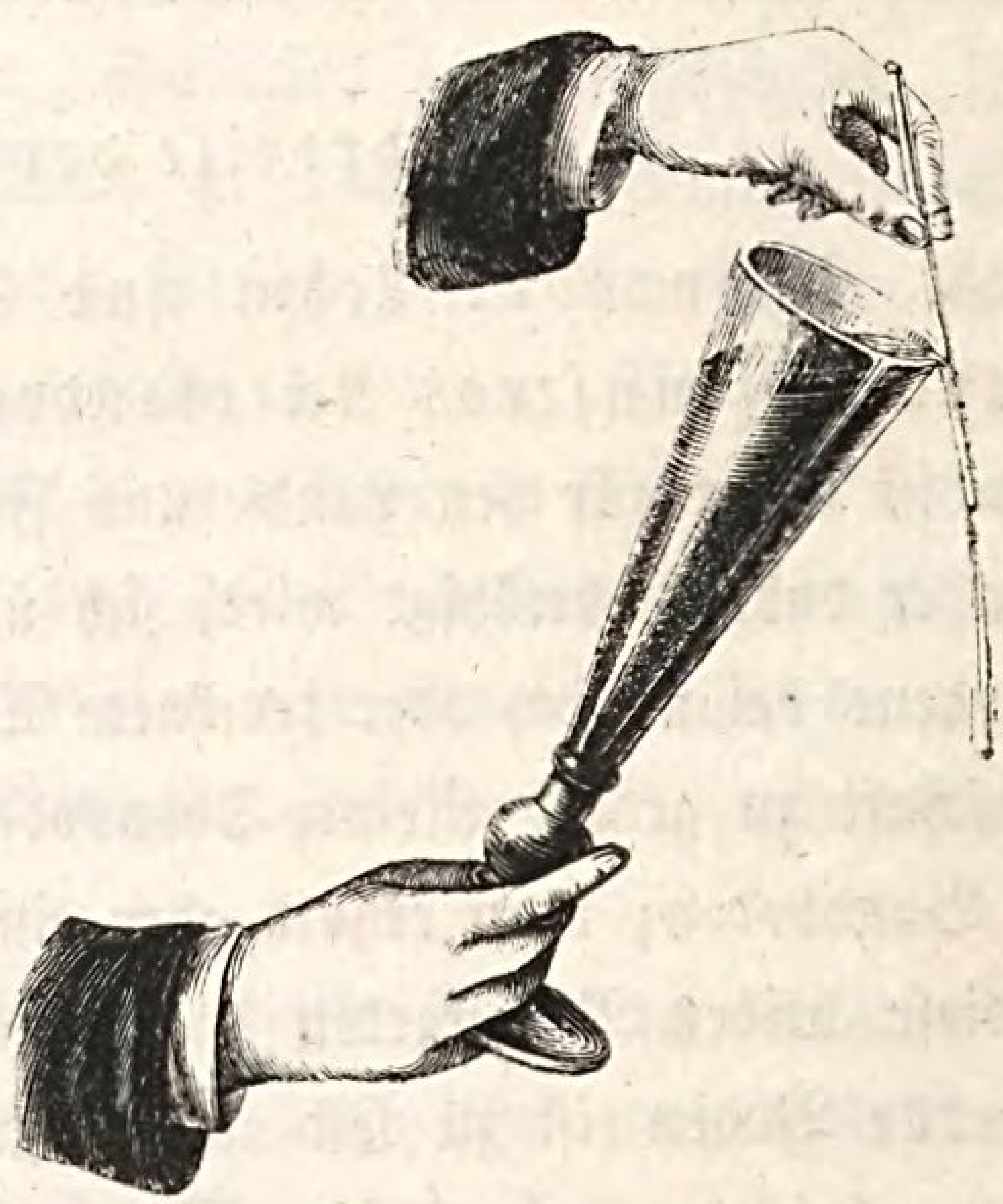


Fig. 140.



kurze Zeit und reibt sie dann mit einer Mörserpistille so lange, bis ein ganz gleichförmiger Brei entstanden ist. Röthet die Masse eingetauchtes blaues Lackmuspapier, so ist dies ein Zeichen, daß der Boden sauren Humus enthält und entweder der Entwässerung (Drainage) oder der Zufuhr von Kalk oder Mergel bedürftig ist. Den Brei verdünnt man noch mit Wasser und schüttet die trübe Flüssigkeit in ein hohes Glas (Fig. 139); was im Schälchen zurückbleibt, wird mit etwas Wasser nachgespült. Bei ruhigem Stehen setzen sich die aufgeschwemmten Erdtheile nach ihren specifischen Gewichten zu Boden, der grobe Sand zuerst, dann der feine, zuletzt der Thon oder Lehm, und es läßt sich

schon aus der verschiedenen Höhe der Sand- und Thonschichten ein ungefährer Schluß auf die Menge derselben machen.

Prüfung der Ackererden durch Schlämmen.

Genauer findet man diese Gemengtheile, wenn man den Bodensatz wieder aufrührt und die trübe Flüssigkeit nach kurzer Ruhe in ein anderes Gefäß abgießt, jedoch mit der Vorsicht, daß von dem Sande, der wegen seiner größeren Schwere zuerst zu Boden sinkt, nichts mit abfließt. Der Rückstand wird wieder mit Wasser angerührt, letzteres abgegossen, und dieses Auf- und Abgießen so lange fortgesetzt, bis aller Lehm aus dem Sande ausgewaschen ist. Beim Abgießen hält man ein Stäbchen an den Rand des Glases, damit nicht ein Theil der Flüssigkeit an der äußeren Wandung des letzteren herabfließe und so verloren gehe (Fig. 140), oder man bestreicht den Glasrand mit etwas Talg, wodurch die Adhäsion der Flüssigkeit zum Glase gleichfalls aufgehoben wird. Der Sand wird getrocknet und gewogen; was an einem Lothe fehlt, ist als Lehm in Rechnung zu bringen.

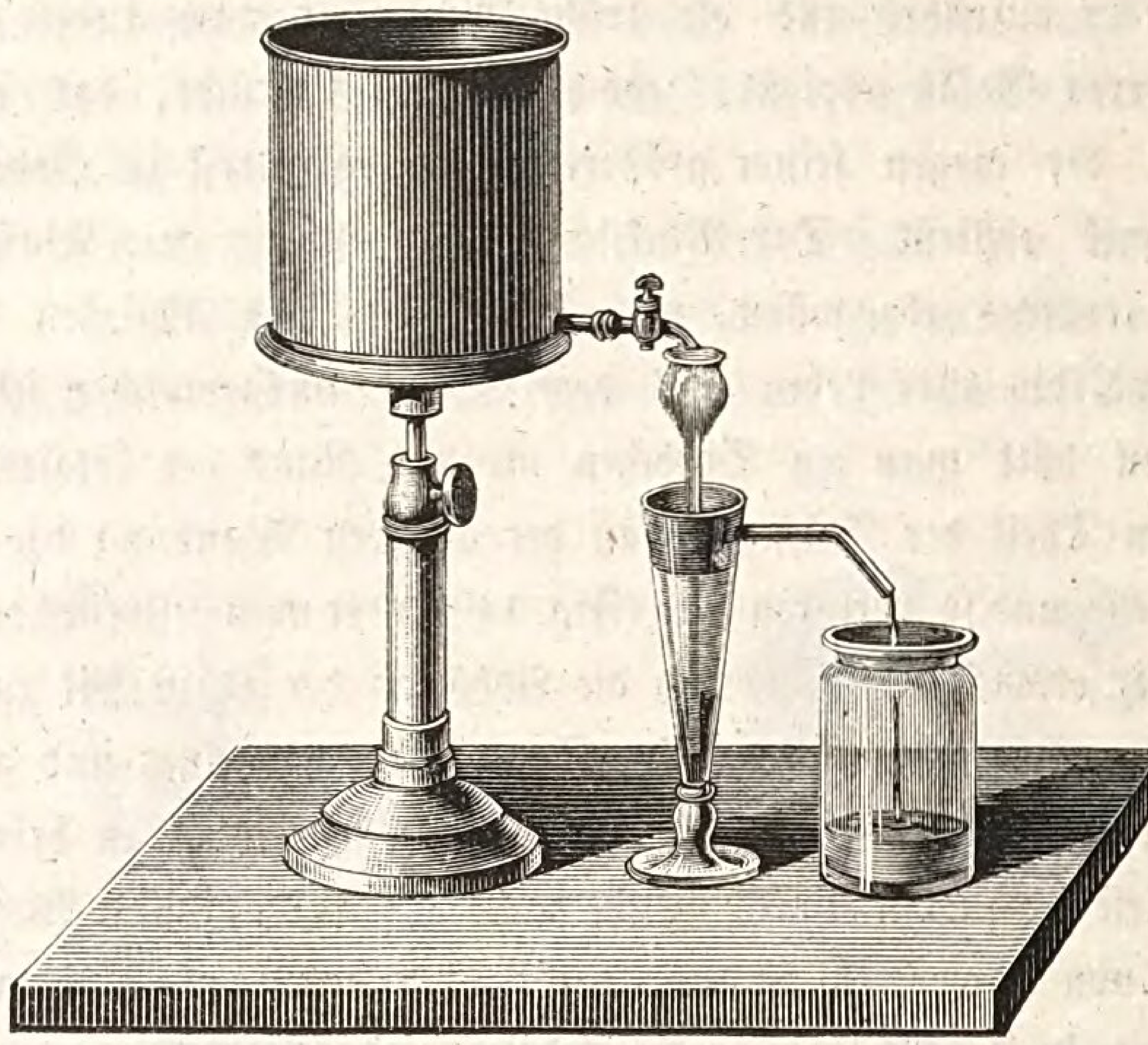
Diese Operation, durch welche man auf mechanischem Wege leichte Körper von schwereren trennt, heißt Schlämmen. Sie wird insbesondere in den Hüttenwerken häufig angewendet, um das feingepochte Erzpulver von den beigemengten leichteren Stein- und Erdtheilen zu befreien

Schlämmapparat.

Genauer noch als auf die angegebene Weise läßt sich die Trennung der leichteren, feinerdigen Bodenbestandtheile von den schwereren und gröberen mittelst des Schlämmapparates (s. Fig. 141 a. f. S.) bewirken. Die gut zerriebene und in Wasser aufgeweichte Erde kommt in das oben mit einer Ausflußröhre versehene Spitzglas, in dem ein bis zum Boden reichender Trichter steht, durch welchen ein continuirlicher Wasserstrahl aus dem höher stehenden größeren Wasserreservoir in das Glas geleitet wird Dieser rührt die Erde fortwährend auf und bringt die leichteren Theile derselben in die Höhe, wo sie mit dem Wasser abfließen, während die schwereren Theile nicht so hoch gehoben werden und in dem Glase zurückbleiben. Nach der Stärke des Wasserstrahls, den man durch einen Hahn reguliren kann, hat man es hier ganz in seiner Gewalt, die mechanische Trennung der Gemeng-

Schlämmapparat. theile des Bodens und mehr oder weniger scharf sehr regelmäßig vor sich gehen zu lassen, wie auch selbige in beliebig viele Portionen zu zertheilen.

Fig. 141.



So erhält man z. B. durch einen ganz schwachen Wasserstrahl nur die feinerdigen, durch einen stärkeren die groberdigen Erdtheile, durch einen noch stärkeren den feinen Sand u. s. f., und man kann diese alle für sich bestimmen, wenn man bei der jedesmaligen Verstärkung des Wasserstrahls frische Gefäße zur Aufnahme des Schlämmwassers untersetzt.

Kalk im Erdboden. Als ein dritter sehr wichtiger Bestandtheil der Ackererden ist der Kalk anzusehen (239.), den man auf folgende Weise ermittelt:

**Versuch.** 1 Loth getrocknete Ackererde wird in einem geräumigen Kochfläschchen mit 6 Loth Wasser, und dann nach und nach mit ½ Loth Salzsäure übergossen und einige Stunden an einen warmen Ort gestellt. Tritt bei dem Zusatz der Säure ein merkliches Brausen ein, so ist dies ein Zeichen, daß der Boden reich an Kalk ist. Wenn dasselbe aufgehört hat, gießt man die Flüssigkeit auf ein Filtrum und spült das Fläschchen und Filtrum mit einigen Lothen warmen Wassers nach. Die durchgelaufene gelbliche Flüssigkeit wird so

lange mit Ammoniak versetzt, bis sie deutlich danach riecht; die braunen Flocken, die sich hiebei ausscheiden, sind Eisenoxydhydrat und Thonerde, die man durch abermaliges Filtriren entfernt. Die erhaltene wasserhelle Flüssigkeit wird nun in einem Kochfläschchen bis zum Kochen erhitzt und so lange mit einer concentrirten Lösung von kohlensaurem Ammoniak (oder Pottasche) versetzt, als noch ein Niederschlag entsteht. Dieser ist kohlensaurer Kalk, den man auf einem Filtrum sammelt, auswäscht, trocknet und wägt. Einfacher noch ist es, wenn man den Inhalt des Kochfläschchens in einen in Grade eingetheilten Glascylinder gießt und den Kalk, der sich darin bald zu Boden setzt, dem Maaße nach bestimmt. Wie viel ein Grad Kalk dem Gewichte nach beträgt, bestimmt man zuvor ein- für allemal, indem man 4, 6, 8, 10 rc. Gran Kreide auf die angegebene Weise in verdünnter Salzsäure auflöst und mit kohlensaurem Ammoniak niederschlägt und dann untersucht, welchen Raum dieser Niederschlag in dem Probircylinder einnimmt. Hat man mehr Flüssigkeit, als der Cylinder faßt, so macht man die Probe mit der Hälfte oder dampft die erstere vorher etwas ein Es muß hiebei jedoch bemerkt werden, daß die angegebene Probe dann keine ganz genauen Resultate giebt, wenn die Ackererde außer Kalkerde auch Talkerde enthält, da diese zugleich mit dem kohlensauren Kalk niederfällt. Kalk im Erdboden.

Diese zwei einfachen Proben, die mechanische Schlämmprobe und die chemische Kalkprobe, verdienten wohl häufiger von dem Landwirthe angestellt zu werden, als es jetzt geschieht; kann er doch durch sie, und zwar ohne kostspielige Apparate und großen Aufwand an Zeit, sich selbst einigen Aufschluß über die hauptsächliche, oft sehr wechselnde Zusammensetzung des verschiedenen Bodens seiner Felder verschaffen.

257. Gebrannte Thonwaaren.

Die plastische Eigenschaft des Thons, verbunden mit der, im Feuer zu erhärten, macht ihn vorzüglich geeignet zur Darstellung von irdenen Geschirren. Die Bereitungsart derselben kommt darin überein, daß der durch Schlämmen und Kneten mehr oder min- Thonwaaren.

Thonwaaren. der gereinigte Thonteig entweder aus freier Hand auf der Töpferscheibe, oder durch Einpressen in Formen zu Gegenständen aller Art verarbeitet wird, die man erst lufttrocken werden läßt und dann in den Brennöfen so lange glüht, bis sie steinartig geworden sind. Während des Trocknens, mehr aber noch während des Brennens, zieht sich der Thon bedeutend zusammen (er schwindet); deshalb sind die Thongeschirre nach dem Brennen kleiner als vor demselben. Dieser Eigenschaft wegen benutzte man sonst kleine Thoncylinder zum Messen hoher Hitzgrade (Wedgewood's Pyrometer). Die Thonwaaren erlangen durch das Brennen zwar eine große Härte und Festigkeit, bleiben aber noch so porös, daß sie das Wasser einsaugen und durchschwitzen lassen. Man beseitigt diesen Uebelstand durch Ueberziehen derselben mit einer glasartigen Rinde, mit der sogenannten Glasur, die aus denselben Materialien zusammengesetzt wird, wie das Glas (226.). Die wichtigsten Gattungen von Thonwaaren sind:

a) Ziegelsteine und Schmelztiegel, aus rohem Lehm oder grobem Thon; meist unglasirt. Die braunrothe Farbe der Ziegel rührt von Eisenoxyd her.

b) Töpferwaare, aus gewöhnlichem Thon, mit einem Bleiglase überzogen, welches aus Bleiglätte und Thon dargestellt wird.

c) Steingut (feine Töpferwaare), aus sehr weißem Thon, gleichfalls mit einem Bleiglasüberzuge

d) Fayence, Töpferwaare mit Glasur, die man durch Zinnoxyd undurchsichtig und milchweiß (emailartig) macht (weiße Kachelöfen 2c.).

e) Porzellan, wird aus dem feinsten Thon (Porcellanerde oder Kaolin) mit Feldspath bereitet und bis zur angehenden Schmelzung geglüht; die Glasur besteht aus Kaliglas, ohne Bleioxyd.

f) Steinzeug (ordinäres Porzellan), aus grauem Thon, halbgeschmolzen; die Glasur wird durch Kochsalz erzeugt, welches man in den glühenden Töpferofen wirft, und besteht aus Natronglas, ohne Bleioxyd (Bierflaschen, Milchnäpfe 2c.).

Als Farben zur Verzierung der Thonwaaren können nur Schmelzfarben (Metalloxyde), gerade wie bei der Glasmalerei, angewendet werden.

258. Zusammensetzung des Thons.

**Versuch.** Ein Stück weißer Thon wird gut ausgetrocknet und dann einige Stunden stark erhitzt, was am einfachsten auf der Kochplatte eines geheizten Ofens geschieht; von diesem Thon werden 4 Loth zu Pulver gerieben, in einem Napfe von Steinzeug mit 2 Loth Schwefelsäure und 2 Loth Wasser übergossen und einige Wochen an einen warmen Ort gestellt. Die breiartige Masse wird während dieser Zeit öfters mit einem Glasstabe umgerührt, zuletzt mit 12 Loth kochendem Wasser verdünnt und durch Leinwand gegossen. Der Rückstand auf der letzteren besteht hauptsächlich aus Kieselsäure; in der Flüssigkeit aber findet sich eine Basis aufgelöst, die Thonerde ($Al_2O_3$) heißt. Der Thon ist demnach ein unlösliches Salz, kieselsaure Thonerde ($Al_2O_3$, $3\,SiO_3$). In dem ungeglühten Thon hält die Kieselsäure so fest an der Basis, daß die Schwefelsäure nicht im Stande ist, sie zu verdrängen; wohl aber vermag sie dies dann, wenn der Thon vorher gelind geglüht wurde. Jeder Thon (und Lehm) enthält außer der kieselsauren Thonerde noch wechselnde Mengen von kieselsaurem Kali, Natron, Kalk 2c., die durch das Brennen desselben gleichfalls auflöslich gemacht werden. Diesen alkalischen Stoffen, sowie der größeren Porosität des geglühten Thons ist es zuzuschreiben, daß ein schwerer, der Luft unzugänglicher, unfruchtbarer Thonboden durch bloßes Brennen in sehr fruchtbares Ackerland verwandelt wird, und daß schlecht (schwach) gebrannte Ziegel ein sehr wirksames Düngematerial abgeben. Bestandtheile des Thons.

259. Schwefelsaure Thonerde ($Al_2O_3$, $3\,SO_3 + 18\,HO$). Schwefelsaure Thonerde.

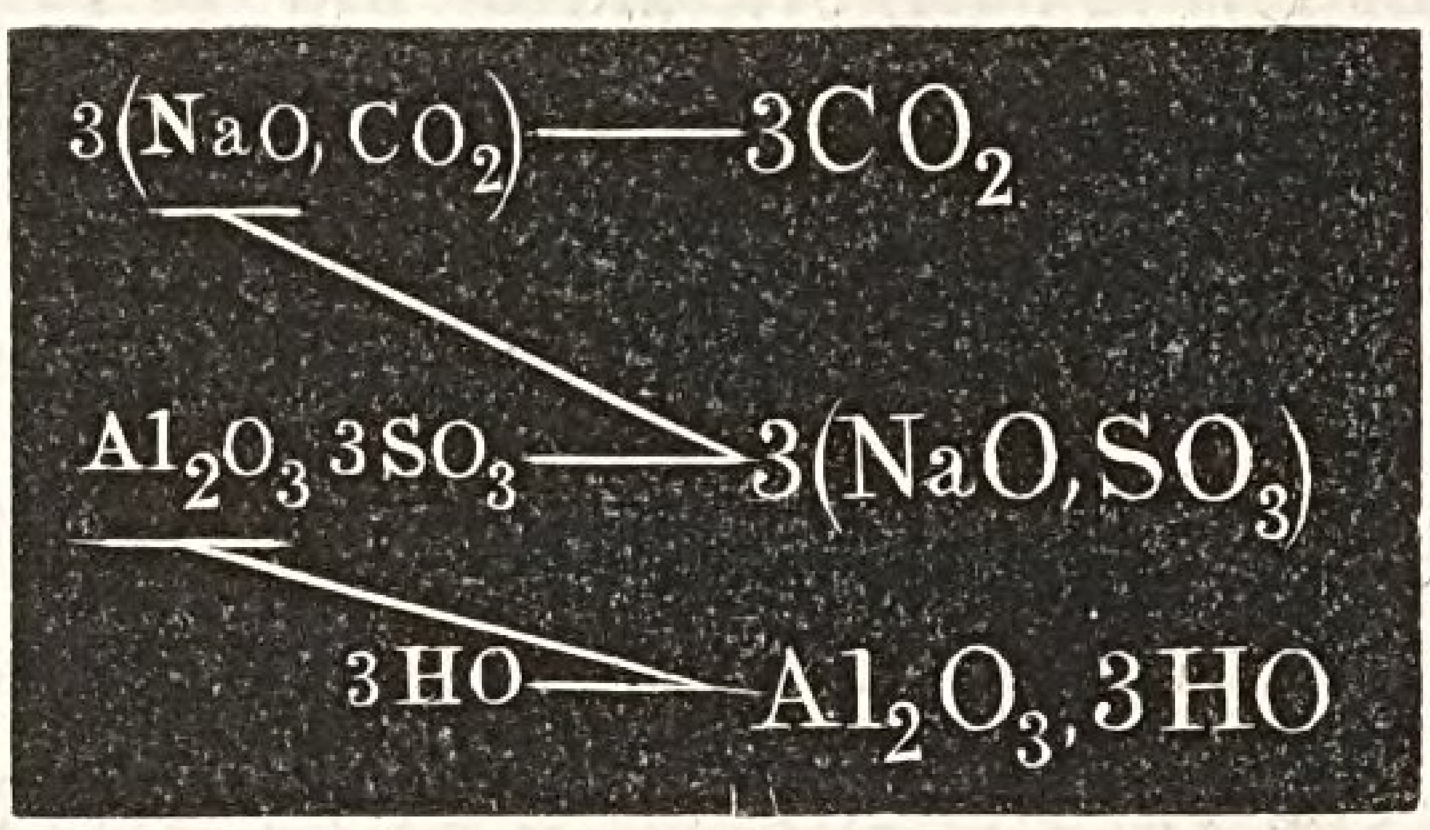
**Versuch.** Die bei dem vorigen Versuche erhaltene Flüssigkeit wird so weit abgedampft, bis nur noch 3 bis 4 Loth davon übrig sind, und dann an einen kühlen Ort gestellt: es werden sich weiße, seidenartig glänzende Krystalle daraus ablagern, die an der Luft sehr leicht zerfließen; sie sind schwefelsaure Thonerde. Man gießt die übrig gebliebene Lauge, die immer noch etwas freie Schwefelsäure enthält, ab und löst die Krystalle wieder in wenig Wasser auf. In Fabriken dampft man die Auflösung oft bis zur Trockne ab und gewinnt da-

durch eine feste Salzmasse, die unter dem Namen kalifreier Alaun Anwendung in den Färbereien und Druckereien findet

260. Thonerde oder Alaunerde (Aluminiumoxyd) ($Al_2O_3$).

Thonerde.

Versuch. Die Hälfte der aufgelösten schwefelsauren Thonerde wird so lange mit einer Lösung von kohlensaurem Natron versetzt, bis die Flüssigkeit basisch reagirt: es entsteht ein lebhaftes Aufbrausen und ein gallertartiger Niederschlag, der nach vielem Auswaschen mit Wasser in der Wärme zu einem weißen Pulver austrocknet. Dieses Pulver ist eine Verbindung von Thonerde mit Wasser, Thonerdehydrat ($Al_2O_3$, 3HO).




flüchtig.
löslich.
nicht löslich.

Es löst sich nicht im Wasser und kann sich auch nicht, wie die bisher betrachteten Basen, mit Kohlensäure verbinden; daher entweicht das aus der Soda frei werdende kohlensaure Gas unter Brausen. Die Thonerde wird durch Wasser nicht plastisch, dadurch unterscheidet sie sich von dem Thon; sie reagirt nicht alkalisch, dadurch unterscheidet sie sich von der Kalk-, Baryt-, Strontian- und Talkerde.

Zusammensetzung der Thonerde.

Die Bestandtheile der Thonerde sind Aluminium-Metall und Sauerstoff, und zwar enthält dieselbe auf 1 At. Metall $1\frac{1}{2}$ At Sauerstoff. Man nennt solche Basen $1\frac{1}{2}$atomige, zum Unterschied von den bis hieher betrachteten 1atomigen, als KO, NaO, CaO ꝛc Um Bruchtheile beim Schreiben der Formeln zu vermeiden, verdoppelt man diese Zahlen, wodurch aus 1 : $1\frac{1}{2}$ 2 : 3, = $Al_2O_3$, wird.

Aluminium.

Das Aluminium stellt ein weißes, silberähnliches, stark glänzendes Metall dar, welches sich an der Luft sehr gut hält und erst bei etwa 700° C. schmilzt. Dasselbe wird nicht von Salpetersäure, dagegen mit großer Leichtigkeit und unter stürmischer Entwicklung von Wasserstoffgas von Salzsäure, wie auch von ätzender Kalilauge aufgelöst. Zu seiner Darstellung dienen Chloraluminium und Natrium.

**Versuch.** Man erwärme in einem Probirgläschen etwas Thonerde mit Kalilauge; sie löst sich darin vollständig auf, indem sie mit dem Kali eine Verbindung eingeht. Wir nennen die Thonerde eine Basis, weil sie sich mit Säuren verbindet; wir können sie aber auch als eine Säure ansehen, denn sie verbindet sich ja auch mit Basen. Solcher unentschiedener, achselträgerischer Charaktere, die gegen starke Säuren die Rolle einer Basis, gegen starke Basen die einer Säure spielen, werden wir später unter den Metalloxyden noch mehre antreffen. Weil sie aber beides sein wollen, sind sie keines ordentlich, und daher kommt es, daß die Thonerdesalze immer noch sauer, die thonsauren Salze immer noch basisch reagiren, beide aber sehr leicht zerlegt werden. Thonerde ist Basis und Säure.

Die Thonerde ist einer der am schwersten schmelzbaren Körper; wir sind nur durch die Hitze des Knallgasgebläses im Stande, kleine Quantitäten davon zum Schmelzen zu bringen. Die geschmolzene Thonerde hat das Ansehen von Glas, und eine Härte, welche unter allen Körpern nur von der des Diamants übertroffen wird (künstliche Rubine). In dieser Form finden wir die Thonerde auch in der Natur; der kostbarste rothe Edelstein, der Rubin, und der kostbarste blaue, der Saphir, bestehen aus krystallisirter Thonerde. Eine gleiche Zusammensetzung hat auch der Smirgel, der seiner Härte wegen allgemein zum Glattreiben (Schleifen oder Scheuern) von Metall und Glas angewendet wird. Thonerde krystallisirt.

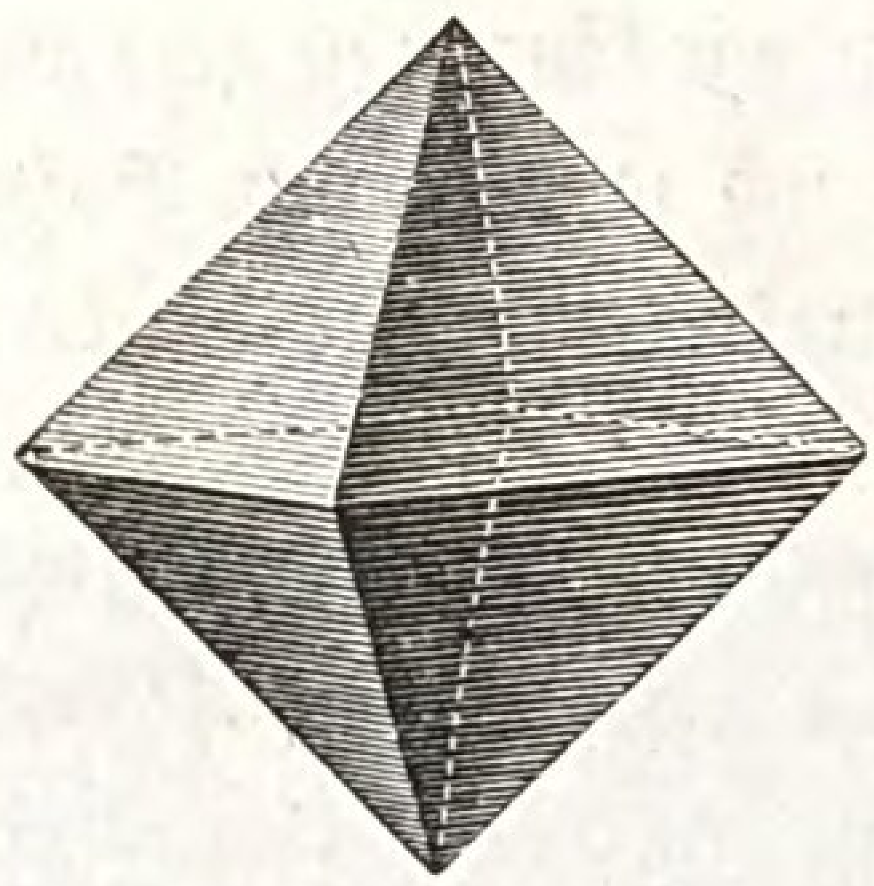
## 261. Alaun (schwefelsaure Kali-Thonerde)

$$(KO, SO_3 + Al_2O_3, 3\,SO_3 + 24\,HO).$$

**Versuch.** Zu 4 Loth kochendem Wasser bringt man so lange schwefelsaures Kali, als dieses aufgelöst wird, und schüttet die erhaltene Lösung dann unter die bei 259. erhaltene Lösung von schwefelsaurer Thonerde. Man rührt die Mischung um, bis sie erkaltet ist, und gießt das flüssig Gebliebene von dem weißen Bodensatze ab. Der Bodensatz ist Alaun in Pulverform, Alaunmehl. Durch Auflösen in kochendem Wasser und ruhiges Erkalten gewinnt man daraus den krystallisirten Alaun in schönen, durchsichtigen, 4seitigen Doppelpyramiden (Octaëdern). Alaun.

Alaun. Der Alaun besteht, wie man sieht, aus einer Verbindung zweier verschiedener Salze, er ist ein Doppelsalz. Die beiden Salze, das schwefelsaure Kali und die schwefelsaure Thonerde, haben sich chemisch mit einander vereinigt, denn es ist ein neuer Körper mit neuen Eigenschaften daraus entstanden; sie haben sich chemisch mit einander vereinigt, denn es sind von beiden Salzen festbestimmte Mengen in Verbindung getreten, nämlich auf 1 Loth schwefelsaures Kali 2 Loth schwefelsaure Thonerde, oder genauer: auf 1 At. $KO, SO_3$ 1 At. $Al_2O_3, 3SO_3$. Der Alaun ist in kaltem Wasser schwer, in heißem leicht löslich, reagirt sauer und hat, wie alle Thonerdesalze, einen zusammenziehenden Geschmack.

Fig. 142.



262. Versuche mit Alaun.

Gebrannter Alaun. **Versuch** a. Man erhitze einen kleinen Alaunkrystall vor dem Löthrohre: er schmilzt unter starkem Aufschäumen zu einer schwammigen, weißen Masse (gebrannter Alaun); das Aufschäumen rührt von dem verdampfenden Krystallwasser her, welches dem Gewichte nach beinahe die Hälfte des Alauns ausmacht.

Thonerde aus Alaun. **Versuch** b. Durch Soda wird aus dem Alaun, ebenso wie aus der schwefelsauren Thonerde, Thonerdehydrat niedergeschlagen.

Thonerde und Farbstoffe. **Versuch** c. Man koche 1 Loth Rothholz mit 12 Loth Wasser ¼ Stunde lang und löse dann in der abgegossenen gelbrothen Brühe noch 1 Loth Alaun auf: sie erlangt dadurch eine ungleich lebhaftere rothe Farbe. Nun gieße man so lange von einer Pottasche- oder Sodaauflösung hinzu, als noch ein Niederschlag erfolgt: der Niederschlag ist schön roth und giebt getrocknet dieselbe Farbe, die im Handel unter dem Namen Kugel- oder Wienerlack vorkommt. Auf ähnliche Weise macht man auch aus anderen Farbhölzern farbige Niederschläge (Lackfarben). Was hiedurch gezeigt werden soll, das ist die große Affinität, welche die Thonerde zu den Farbstoffen hat.

Fast alle Farben des Pflanzen- und Thierreichs können durch die Thonerde gebunden und aus ihren Auflösungen niedergeschlagen werden. Hierauf gründet sich die hohe Wichtigkeit, welche die Thonerdesalze für die Färberei und Druckerei erlangt haben. Für diese Zwecke wird außer dem Alaun auch sehr häufig die essigsaure Thonerde angewendet, weil die schwache Essigsäure leichter von der Thonerde weggeht, als die starke Schwefelsäure. Sie wird erhalten, wenn man essigsaures Bleioxyd und schwefelsaure Thonerde (oder Alaun), in Wasser gelöst, mit einander vermischt, wobei sich durch doppelte Wahlverwandtschaft lösliche essigsaure Thonerde (Thonbeize) und unlösliches schwefelsaures Bleioxyd bildet. Thonerde und Farbstoffe.

Versuch d. Man befeuchte ein Stückchen Alaun (oder auch Thon oder Thonerde) mit einem Tropfen salpetersaurer Kobaltauflösung und erhitze es vor dem Löthrohre; die Salpetersäure wird verjagt, das zurückbleibende Kobaltoxyd aber färbt die Thonverbindung schön blau. Dieses Verhalten wird oft als ein sehr genaues Erkennungsmittel der Thonerde benutzt. Man bereitet auf ähnliche Weise auch eine werthvolle und sehr beständige blaue Farbe, die den Namen Kobaltultramarin erhalten hat. Thonerde und Kobaltlösung.

Ein anderes herrliches Blau, das Lasursteinblau, stellt man seit einigen Jahren aus Thon durch Glühen mit Schwefelnatrium und einer Spur Eisen dar. Beim Gebrauche dieser ganz unschädlichen Farbe hat man sich zu hüten, sie mit Säuren zusammenzubringen, weil diese Schwefelwasserstoff daraus entwickeln und die Farbe zerstören. Lasursteinblau.

263. Die Darstellung des Alauns im Großen geschieht gewöhnlich auf eine andere Art, als direct aus Thon und Schwefelsäure. Man verwendet dazu Steinarten, welche Thonerde und zugleich Schwefel (Schwefelkies) enthalten, z. B. Alaunstein und Alaunschiefer. Läßt man diese Steine lange an der Luft liegen (verwittern) oder erhitzt (röstet) man sie gelind, so entsteht aus dem Schwefel Schwefelsäure, die sich nun mit der Thonerde verbindet. Alaunfabrikation.

Isomorphe Körper.

264. Der Alaun bietet ein schönes Beispiel dar, um daran die Erscheinung des sogenannten **Isomorphismus** zu erläutern. Man ist nämlich im Stande, in demselben das Kali durch eine andere ähnliche 1atomige Basis z. B. durch Natron oder Ammoniak, oder aber die Thonerde durch eine andere $1\frac{1}{2}$atomige Basis, z. B. durch Chromoxyd oder Eisenoxyd, zu ersetzen, ohne daß dadurch die octaëdrische Krystallform geändert wird. Man erhält auf diese Weise folgende Arten von Alaun:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Kalialaun, bestehend aus | schwefels. | Thonerde | + | schwefels. | Kali, |
| Natronalaun | » | » | » | + | » | Natron, |
| Ammoniakalaun | » | » | » | + | » | Ammoniak, |
| Chromalaun | » | » | Chromoxyd | + | » | Kali (Natron od. Ammoniak) |
| Eisenalaun | » | » | Eisenoxyd | + | » | Kali (Natron od. Ammoniak). |

Man nennt diese Verbindungen **isomorphe** (von isos — gleich, und morph — Gestalt) oder **gleichgestaltige**, und zwar aus dem Grunde, weil sie eine **ähnliche Zusammensetzung** und **gleiche Krystallgestalt** (Octaëder) haben. Der Name Alaun wird jetzt also auch für Doppelsalze gebraucht, in denen sich keine Thonerde vorfindet. Die drei ersten der genannten Alaune haben eine weiße Farbe, der Chromalaun eine dunkelrothe, der Eisenalaun eine blaß-violette. Man kann sie leicht darstellen, wenn man die betreffenden einfachen Salze in passenden Verhältnissen zusammen in Wasser löst und die Lösung zum Krystallisiren hinstellt.

## Verbreitung der Thonerde in der Natur.

Verbreitung der Thonerde.

265. Nächst der Kieselerde kommt die **Thonerde** am häufigsten in der Natur vor, und zwar nicht bloß in dem erdigen Thon und Lehm, sondern auch in den meisten festen Gesteinen und Felsarten, z. B. in dem bekannten grauen Thon- oder Dachschiefer, Porphyr u. s. w. Als das wichtigste unter den thonigen Gesteinen muß der Feldspath angesehen werden, der in größerer oder geringerer Menge

fast in jeder Felsart, z. B. im Granit, Gneiß, Glimmerschiefer 2c. anzutreffen ist. Der Feldspath hat in seiner Zusammensetzung die größte Aehnlichkeit mit dem Alaun, nur daß er statt der Schwefelsäure Kieselsäure enthält.

Alaun (wasserfrei) $(KO, SO_3 + Al_2 O_3, 3 SO_3)$;
Feldspath $(KO, Si O_3 + Al_2 O_3, 3 Si O_3)$.

Durch den Einfluß der Luft und des (kohlensäurehaltigen) Wassers, der Hitze und der Kälte zerbröckelt der Feldspath endlich, wie alle Gesteine, er verwittert oder wird aufgelöst, wie der Bergmann sagt, und dabei wird das kieselsaure Kali nach und nach durch das Wasser weggeführt, so daß als das Endproduct dieser Zersetzung $(Al_2 O_3, 3 Si O_3)$, Thon oder Lehm übrig bleibt. Wenn der Landwirth tief pflügt oder Brache hält, d. h. das aufgelockerte Feld einige Zeit unbebaut liegen läßt, so beschleunigt er dadurch die Verwitterung; dabei bilden sich aus den Bestandtheilen des Bodens lösliche Kali-, Natron-, Kalk- und andere Salze, und diesen insbesondere ist die vermehrte Fruchtbarkeit zuzuschreiben, welche dieses, wie es gewöhnlich heißt, »ausgeruhte Feld« gegen andere Felder zeigt. Verwittern.

266. Beryllium, Yttrium, Zirconium, Thorium und die erst kürzlich entdeckten Erbium, Terbium und Norium sind sehr seltene Elemente, deren Verbindungen mit dem Sauerstoff weiß, unlöslich und erdig wie die Thonerde sind, und Beryllerde, Yttererde, Zirconerde 2c. genannt werden.

## Rückblick auf die Erden (Thonerde 2c.).

1) Die Erden sind Verbindungen der Erdmetalle mit Sauerstoff.

2) Sie sind im Wasser ganz unlöslich.

3) Sie verbinden sich nicht mit Kohlensäure.

4) Die wichtigste dieser Erden ist die Thonerde, die mit Kieselsäure verbunden (Thon, Lehm) einen Hauptbestandtheil des Ackerlandes wie vieler Felsarten ausmacht.

5) Die Thonerde ist eine viel schwächere Basis, als die Alkalien und alkalischen Erden.

6) Schwache Basen können sich oft mit starken Basen verbinden, gleichsam als ob sie Säuren wären.

7) Manche Körper können in chemischen Verbindungen einander Atom für Atom vertreten, ohne daß eine Aenderung der Krystallform eintritt (isomorphe Verbindungen).

8) Neutralsalze sind Salze, in denen auf jedes Atom Sauerstoff, welches die Basis enthält, 1 Atom Säure kommt.

9) Manche Neutralsalze können sich noch mit 1 oder mehren Atomen Säure verbinden; solche Verbindungen heißen saure Salze.

10) Ebenso giebt es auch Verbindungen von Neutralsalzen mit noch 1 oder mehren Atomen Basis; man nennt sie basische Salze.

11) Wenn zwei verschiedene Salze sich chemisch mit einander vereinigen, so erhält man Doppelsalze.

## Rückblick auf die bis hieher betrachteten (leichten) Metalle.

1) Die Alkali-, Erdalkali- und Erd-Metalle werden zusammen leichte Metalle genannt, weil sie specifisch leichter sind als die übrigen Metalle.

2) Sie kommen nie als reine Metalle (gediegen), auch nicht als reine Oxyde (mit Ausnahme der Thonerde), sondern immer als Salze in der Natur vor und bilden, nebst der Kieselerde, die Hauptmasse unserer Erdrinde.

3) Sie haben unter allen Körpern die größte Verwandtschaft zum Sauerstoff und bilden damit Oxyde, welche sich (mit Ausnahme der Erden) in Wasser auflösen.

4) Die Oxyde der Alkali- und Erdalkalimetalle sind die stärksten Salzbasen (Alkalien, alkalische Erden).

5) Wegen der großen Affinität zum Sauerstoff ist die Darstellung der leichten Metalle sehr schwierig, da man die Verbindung zwischen Metall und Sauerstoff nur in der stärksten Hitze durch Kohle, oder aber durch den galvanischen Strom aufheben kann. Genau bekannt sind nur Kalium, Natrium und Aluminium.

6) Bis zum Jahre 1807 hielt man die Alkalien und Erden für einfache Körper; in diesem Jahre gelang es aber dem englischen Chemiker Davy, sie durch den galvanischen Strom in Metalle und Sauerstoff zu zerlegen.

7) Die meisten leichten Metalle sind im Stande, das Wasser schon bei gewöhnlicher Temperatur und ohne Zusatz einer Säure zu zerlegen, d. h. ihm den Sauerstoff zu entziehen, und somit den Wasserstoff frei zu machen.

## Chemische Verbindungsgesetze.

Ehe wir weiter gehen zu der Betrachtung der übrigen Metalle, wird es gut sein, noch einmal einen Blick auf die im Vorigen oft erwähnten chemischen Verbindungsgesetze zu werfen und diese zu einer ungefähren Gesetzsammlung zu vereinigen.

267. Eintheilung der chemischen Verbindungen. Wie man aus den 25 Buchstaben unseres Alphabets unzählige Worte bilden kann, so lassen sich auch aus den 61 chemischen Elementen unzählige Verbindungen darstellen. Diese zerfallen in drei große Abtheilungen. Verbindungen erster Ordnung entstehen, wenn Elemente sich mit Elementen vereinigen; dahin gehören z. B. Säuren und Basen. Verbinden sich diese unter einander, so erhält man die Verbindungen zweiter Ordnung, z. B. Salze. Aus der Vereinigung der Salze mit Salzen entstehen die Verbindungen dritter Ordnung, z. B. Doppelsalze. Etwas ganz Aehnliches finden wir auch in unserer Sprache. Aus Buchstaben und Buchstaben bilden wir Sylben, aus Sylben und Sylben Wörter, aus Wörtern und Wörtern zusammengesetzte Wörter. Das umstehende Schema wird diese Aehnlichkeit klarer machen.

Classen der chemischen Verbindungen.

Classen der chemischen Verbindungen.

| | | |
|---|---|---|
| | Doppelsalze \| Doppelwörter | |
| | Verb. d 3. Ordn. | |
| Salze ꝛc. | ⋮ | Wörter |
| | Verbindungen d. 2. Ordnung | |
| Oxyde ꝛc | ⋮ | Sylben |
| | Verbindungen der ersten Ordnung | |
| Elemente | ⋮ | Buchstaben |
| | Einfache Körper oder einfache Zeichen. | |

Das aus dem vorigen Abschnitte bekannte Doppelsalz Kalialaun bietet ein gutes Beispiel dar, um sowohl in chemischer als sprachlicher Hinsicht den stufenweisen Uebergang vom Einfachen zum Zusammengesetzten daran zu erklären.

| | Chemisches Beispiel. | | Sprachliches Beispiel. | |
|---|---|---|---|---|
| Einfache Körper u. Zeichen: | K, Al, (Metalle) | O, S (Nichtmetalle) | k, l, n, (Consonanten) | a, i, u, (Vocale) |
| Verbindungen 1ster Ordn. | $KO, Al_2O_3$, (Basen) | $SO_3$ (Säure) | ka, li, al, aun. (Sylben) | |
| Verbindungen 2ter Ordn. | $KOSO_3$, $Al_2O_3\,3SO_3$ (Salze) | | Kali, Alaun. (Wörter) | |
| Verbindungen 3ter Ordn. | $KO, SO_3 + Al_2O_3, 3SO_3$ (Doppelsalz) | | Kalialaun. (Doppelwort) | |

Gewichtsverhältnisse bei chemischen Verbindungen.

268. **Wenn sich Elemente chemisch mit einander verbinden, so geschieht dies immer in festbestimmten Gewichtsmengen.** In dem Wasser finden wir jederzeit $12\frac{1}{2}$ Loth Wasserstoff mit 100 Loth Sauerstoff verbunden, es mag vorkommen wo und wie es will, in Quellen oder im Meere, als Eis oder Dunst. Bereiten wir es uns künstlich, indem wir Wasserstoffgas in Sauerstoffgas verbrennen, so brauchen wir ganz genau dieselben Mengen der beiden Gase, nämlich auf $12\frac{1}{2}$ Gran, Loth oder Pfund Wasserstoff 100 Gran, Loth oder Pfund Sauerstoff. Nehmen wir

13 Loth Wasserstoff, so bleibt ½ Loth Wasserstoff übrig; nehmen wir 101 Loth Sauerstoff, so bleibt 1 Loth Sauerstoff übrig. Der gebrannte Kalk enthält immer auf 250 Loth Calcium 100 Loth Sauerstoff, er mag aus Marmor oder Kalkstein, aus Kreide oder Austerschalen dargestellt sein; die Schwefelsäure immer auf 200 Loth Schwefel 300 Loth Sauerstoff, mag sie nach der Nordhäuser Methode durch Destillation von Eisenvitriol, oder nach der englischen durch Verbrennen von Schwefel gewonnen werden. Gewichtsverhältnisse bei chemischen Verbindungen.

269. Durch die genauesten Untersuchungen hat man auch bei allen übrigen Elementen gefunden, wie viele Loth 2c. von ihnen sich mit 100 Loth 2c. Sauerstoff verbinden. Da die gefundenen Zahlen, wie sich später ergeben wird, von hoher Wichtigkeit für die Chemie geworden sind, so mögen die für die bekanntesten Elemente geltenden hier folgen. Mischungsgewichte auf Sauerstoff bezogen

100 Loth Sauerstoff = O können sich verbinden mit

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12½ | Loth | Wasserstoff | oder | H. | 150 | Loth | Magnesium | oder | Mg. |
| 175 | » | Stickstoff | » | N. | 171 | » | Aluminium | » | Al. |
| 75 | » | Kohlenstoff | » | C. | 350 | » | Eisen | » | Fe. |
| 200 | » | Schwefel | » | S. | 345 | » | Mangan | » | Mn |
| 387 | » | Phosphor | » | P. | 369 | » | Kobalt | » | Co. |
| 444 | » | Chlor | » | Cl. | 370 | » | Nickel | » | Ni. |
| 1000 | » | Brom | » | Br. | 407 | » | Zink | » | Zn. |
| 1586 | » | Jod | » | J. | 725 | » | Zinn | » | Sn |
| 240 | » | Fluor | » | F. | 1295 | » | Blei | » | Pb |
| 325 | » | Cyan | » | Cy. | 2660 | » | Wismuth | » | Bi. |
| 136 | » | Bor | » | B. | 397 | » | Kupfer | » | Cu. |
| 266 | » | Kiesel | » | Si. | 1250 | » | Quecksilber | » | Hg. |
| 490 | » | Kalium | » | K. | 1350 | » | Silber | » | Ag. |
| 288 | » | Natrium | » | Na. | 1232 | » | Platin | » | Pt. |
| 225 | » | Ammonium | » | $NH_4$ | 2455 | » | Gold | » | Au. |
| 250 | » | Calcium | » | Ca. | 328 | » | Chrom | » | Cr. |
| 856 | » | Barium | » | Ba. | 938 | » | Arsenik | » | As. |
| 548 | » | Strontium | » | Sr. | 1613 | » | Antimon | » | Sb. |

Mischungsgewichte.

Man hat diese Zahlen Mischungsgewichte genannt, weil sie uns das Gewicht angeben, in dem sich ein Element mit 100 Gewichtstheilen Sauerstoff mischen, d. h. chemisch verbinden kann. Wollen wir jetzt wissen, wie das Kali oder das Quecksilberoxyd zusammengesetzt ist, so brauchen wir nur in der Tabelle nachzusehen, und wir finden, daß in dem Kali 490 Loth oder überhaupt Gewichtstheile Kalium mit 100 Loth oder Gewichtstheilen Sauerstoff, in dem Quecksilberoxyde aber 1250 Loth Quecksilber mit 100 Loth Sauerstoff verbunden sind

Die Elemente mit kleinen Mischungsgewichten müssen hienach gleichsam als sehr kräftige chemische Körper angesehen werden, die mit großen Mischungsgewichten aber als schwache. Kalium z. B. ist $2^1/_2$mal so kräftig als Quecksilber, da 490 Loth davon ebenso viel leisten, ebenso viel Sauerstoff bewältigen können, als 1250 Loth Quecksilber

Mischungsgewichte auf Wasserstoff bezogen.

Statt, wie es hier geschehen, die Mischungsgewichte auf 100 Theile Sauerstoff zu beziehen, nehmen viele Chemiker den Wasserstoff als Einheit an, wodurch die Zahlen um $12^1/_2$mal kleiner werden. Man erhält dann für die angegebenen Elemente folgende Zahlen:

Wasserstoff = 1.

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sauerstoff | = | 8 | Kalium | = | 39,2 | Zink | = | 32,5 |
| Stickstoff | » | 14 | Natrium | » | 23 | Zinn | » | 58 |
| Kohlenstoff | » | 6 | Ammonium | » | 18 | Blei | » | 103,6 |
| Schwefel | » | 16 | Calcium | » | 20 | Wismuth | » | 212 |
| Phosphor | » | 31 | Barium | » | 68,5 | Kupfer | » | 31,7 |
| Chlor | » | 35,5 | Strontium | » | 43,8 | Quecksilber | » | 100 |
| Brom | » | 80 | Magnesium | » | 12 | Silber | » | 108 |
| Jod | » | 127 | Aluminium | » | 13,7 | Platin | » | 98,6 |
| Fluor | » | 19 | Eisen | » | 28 | Gold | » | 196,4 |
| Cyan | » | 26 | Mangan | » | 27,6 | Chrom | » | 26,3 |
| Bor | » | 11 | Kobalt | » | 29,5 | Arsenik | » | 75 |
| Kiesel | » | 21,3 | Nickel | » | 29,6 | Antimon | » | 129 |

270. Aequivalente. Weitere Versuche führten zu der überraschenden Entdeckung, daß man aus den gefundenen Zahlen nicht nur erfahren könne, in welchen Quantitäten sich die Elemente mit dem Sauerstoff verbinden, sondern auch, in welchen Quantitäten sie sich unter einander verbinden. Dies geschieht nämlich gleichfalls genau in den Gewichtsmengen, welche durch die Zahlen der Mischungsgewichte angegeben werden. $12\frac{1}{2}$ Loth Wasserstoff verbinden sich genau mit 100 Loth Sauerstoff zu Wasser, mit 200 Loth Schwefel zu Schwefelwasserstoffgas, mit 444 Loth Chlor zu Salzsäure; dieselbe Menge Schwefel, die mit 300 Loth Sauerstoff Schwefelsäure bildet, giebt mit 490 Loth Kalium Schwefelkalium, mit 350 Loth Eisen Schwefeleisen, mit 1250 Loth Quecksilber Schwefelquecksilber (Zinnober). Erhitzt man Eisen mit Zinnober, so tritt der Schwefel an das stärkere Eisen und das Quecksilber wird frei. 350 Loth Eisen reichen dann gerade hin, um 1450 Loth Zinnober zu zerlegen, und dabei werden jedesmal 1250 Loth Quecksilber ausgeschieden. Wendet man mehr Eisen an, so bleibt ein Theil Eisen unverbunden; nimmt man mehr Zinnober, so bleibt ein Theil Zinnober unzersetzt. Wenn in einer chemischen Verbindung ein Element an die Stelle eines anderen tritt, so geschieht dieses immer in den durch die Mischungsgewichte angegebenen Quantitäten. Chemische Aequivalente

Für 100 Thaler kann man kaufen: 8 Loth Gold, oder 32 Loth Platin, oder 112 Loth Silber, oder 2000 Loth Quecksilber; 8 Loth Gold haben sonach denselben kaufmännischen Werth wie 32 Loth Platin, oder 112 Loth Silber rc. Aehnlich ist es bei den chemischen Verbindungen. Mit 100 Loth Sauerstoff verbinden sich 350 Loth Eisen oder 490 Loth Kalium oder 1250 Loth Quecksilber; 350 Loth Eisen haben hienach denselben chemischen Werth wie 490 Loth Kalium oder 1250 Loth Quecksilber rc. Dies ist der Grund, weshalb man diese Zahlen auch Aequivalente (von aequus — gleich und valere — gelten, Werth haben) nennt. Unter 1 Aeq. Sauerstoff hat man sich also immer 100 Gewichtstheile, unter 1 Aeq. Eisen 350, unter 1 Aeq. Quecksilber 1250 Gewichtstheile zu denken.

Aequivalente zusammengesetzter Verbindungen.

271. Dieselbe Gesetzmäßigkeit gilt auch für die chemischen Verbindungen zweiter und dritter Ordnung, worauf schon der Vorgang beim Neutralisiren einer Basis mit einer Säure und die bei 200. besprochene Sättigungscapacität der Säuren hindeuten. Wenn sowohl die basischen Eigenschaften der Basis als die sauren der Säure verschwunden sind, dann haben sich gerade von beiden Körpern die gesetzlich bestimmten Mengen mit einander vereinigt. Wie groß diese Menge für jeden Körper sei, erfährt man leicht; wenn man die Aequivalentzahlen ihrer Bestandtheile zusammenaddirt.

Kreide ist kohlensaure Kalkerde (CaO, $CO_2$).

| Die Kalkerde besteht aus: | Die Kohlensäure besteht aus: |
|---|---|
| 1 Aeq. Calcium = 250 | 1 Aeq. Kohlenstoff = 75 |
| und 1 Aeq. Sauerstoff = 100; | und 2 Aeq. Sauerstoff = 200; |
| CaO hat also die Zahl 350, | $CO_2$ hat also die Zahl 275, |

d. h. in der Kreide sind immer 350 Loth Kalkerde mit 275 Loth Kohlensäure verbunden, und genau dieselben Mengen muß man anwenden, wenn man sie künstlich aus ihren Bestandtheilen darstellen will. Die Kreide erhält hienach die Zahl = 625.

Will man die Kreide durch englische Schwefelsäure in Gyps (CaO, $SO_3$) umwandeln, so hat man zuerst die Zahl für die englische Schwefelsäure zu suchen. In ihr findet man gewöhnlich 1 Aeq. wasserfreie Schwefelsäure mit 1 Aeq. Wasser vereinigt.

| Die Bestandtheile der Schwefelsäure sind: | Die Bestandtheile des Wassers sind: |
|---|---|
| 1 Aeq. Schwefel = 200 | 1 Aeq. Wasserstoff = 12,5 |
| und 3 Aeq. Sauerstoff = 300; | und 1 Aeq. Sauerstoff = 100; |
| $SO_3$ hat also die Zahl = 500. | HO hat also die Zahl = 112½. |

Die englische Schwefelsäure erhält folglich die Zahl = 612½. Diese Quantität reicht genau hin, um die oben erhaltenen 625 Loth Kreide vollständig in schwefelsauren Kalk zu verwandeln. Die Kohlensäure, welche dabei entweicht, beträgt 275 Loth.

Der Gyps verbindet sich immer mit 2 Aeq. Krystallwasser, seine Bestandtheile sind also: *Aequivalente zusammengesetzter Verbindungen.*

1 Aeq. $CaO = 350$

1 Aeq. $SO_3 = 500$

und 2 Aeq. $HO = 225$

Aeq.-Zahl des krystall. Gypses $= 1075 = CaO, SO_3 + 2HO$.

Erhitzt man denselben, so geht das Wasser fort und es bleibt für den gebrannten oder wasserfreien Gyps die Zahl 850. Wie man sieht, geht auch das Wasser nur portionenweise chemische Verbindungen mit den Säuren, Basen oder Salzen ein.

Ehe man diese seit etwa 50 Jahren entdeckten Gesetze kannte, konnte man nur durch mühsames Probiren finden, wie viel man von dem einen Körper zu nehmen hatte, um ihn mit einem anderen zu verbinden oder durch ihn einen anderen zu ersetzen; jetzt braucht man nur in den Tabellen der Mischungsgewichte oder Aequivalente die betreffenden Zahlen nachzusehen, um im Voraus die anzuwendenden Gewichtsmengen zu erfahren.

272. Multiple Proportionen. Viele Elemente haben die Fähigkeit, sich bald mit weniger, bald mit mehr, bald mit noch mehr Sauerstoff, Schwefel, Chlor u. s. w. zu verbinden; es entstehen auf diese Weise die unter 154. beschriebenen Oxydations-, Schwefelungs- und Chlorstufen. Es könnte auf den ersten Blick scheinen, als läge darin ein Widerspruch mit dem Gesetze: daß sich die Körper immer in festbestimmten Quantitäten mit einander verbinden; der Widerspruch verschwindet aber, wenn man die Sache aufmerksamer betrachtet, denn man wird dann finden, daß es sich nicht um ein beliebiges oder zufälliges Mehr oder Weniger handelt, sondern um ein gleichfalls festbestimmtes, unveränderliches. *Chemische Proportionen.*

Besteigen wir eine Anhöhe, so steht es in unserem Belieben, mehr oder weniger, größere oder kleinere Schritte zu machen, denn wir können den Fuß auf jeder beliebigen Stelle aufsetzen; steigen wir aber auf einer Treppe oder einer Leiter in die Höhe, so sind wir gezwungen, eine festbestimmte Anzahl von Schritten zu machen, weil wir

Chemische Proportionen.

den Fuß nur an bestimmten Stellen aufsetzen können. Wie in dem letzteren Falle, so verhält es sich auch mit den Körpern, die sich in mehr als einem Verhältnisse mit einem anderen verbinden: es werden von ihnen zwar verschiedene, jederzeit aber doch unveränderliche Mengen aufgenommen. Hiebei hat man gefunden, daß die größeren Mengen immer genau das 1½fache, Doppelte, 2½fache, 3fache oder 3½fache von der geringsten Menge betragen, nicht aber etwa das 1¼fache oder 1¾fache oder 1⅞fache u. s. w. Das Aufsteigen erfolgt gleichsam nur auf ganzen oder halben Stufen, z. B.

| | | | |
|---|---|---|---|
| 75 Loth Kohlenstoff geben mit | 100 Loth Sauerstoff | Kohlenoxydgas | $= CO$, |
| | 150 » » | Oxalsäure | $= C_2O_3$, |
| | 200 » » | Kohlensäure . | $= CO_2$. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 175 Loth Stickstoff geben mit | 100 Loth Sauerstoff | Stickoxydul | $= NO$, |
| | 200 » » | Stickoxyd | $= NO_2$, |
| | 300 » » | salpetrige Säure | $= NO_3$, |
| | 500 » » | Salpetersäure | $= NO_5$ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 345 Loth Mangan-Metall geben mit | 100 Loth Sauerstoff | Manganoxydul | $= MnO$, |
| | 150 » » | Manganoxyd | $= Mn_2O_3$, |
| | 200 » » | Manganüberoxyd | $= MnO_2$, |
| | 300 » » | Mangansäure | $= MnO_3$, |
| | 350 » » | Uebermangansäure . . . . | $= Mn_2O_7$ |

Bei den Kohlenstoffverbindungen ist also das
Verhältniß des Sauerstoffs wie . . . . 1 zu 1½ zu 2.
Bei den Stickstoffverbindungen ist also das
Verhältniß des Sauerstoffs wie . . . 1 : 2 : 3 : 5
Bei den Manganverbindungen ist also das
Verhältniß des Sauerstoffs wie 1 : 1½ : 2 : 3 : 3½.

Man sieht, diese Zahlen stehen in einem sehr einfachen Verhältnisse (Proportion) zu einander und die größeren betragen immer ein

Mehrfaches (Multiples) von den kleineren; daher der Name: Gesetz der multiplen Proportionen.

273 Gasförmige Körper verbinden sich immer in bestimmten Maaßen mit einander. Sehr oft ziehen sie sich dabei in einen engeren Raum zusammen, so daß man nach der Verbindung weniger Maaße hat, als angewendet wurden. Maaßverhältnisse bei chem. Verbindungen.

Beispiele:

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| aus | 1 | M. Chlorgas | u. 1 | M. Wasserstoffg. | werden | 2 | M. | Chlorwasserstoffg., |
| » | 2 | » Wasserstoffg. | u. 1 | » Sauerstoffg. | » | 2 | » | Wasserdampf. |
| » | 3 | » Wasserstoffg. | u. 1 | » Stickstoffg. | » | 2 | » | Ammoniakgas, |
| » | 6 | » Wasserstoffg. | u. 1 | » Schwefelg. | » | 6 | » | Schwefelwasserstoffgas. |

Wir finden also auch hier dieselbe Gesetzmäßigkeit und eine noch weit größere Einfachheit, als wenn die Körper sich dem Gewichte nach mit einander verbinden. Wäre es möglich, alle Körper in Gase zu verwandeln, so würden wir wahrscheinlich bei allen chemischen Verbindungen ähnliche einfache Maaß- oder Volumverhältnisse bemerken

274. Atome. Nachdem man durch Tausende der mühsamsten Untersuchungen auf's Bestimmteste nachgewiesen hatte, daß die chemischen Verbindungen jederzeit nach festem, unveränderlichem Maaß und Gewicht erfolgen, wollte man gern auch die Ursache dieser wunderbaren Unveränderlichkeit kennen lernen. Der denkende Mensch wird ja, wenn er erst weiß, daß und wie etwas geschieht, immer noch weiter fragen: warum es so und nicht anders geschieht? Wie man sich aber auch bemühte, durch Versuche und Beobachtungen konnte diese Ursache nicht erforscht werden; wohl aber ist man durch Nachdenken auf eine Idee gekommen, durch welche wir recht gut im Stande sind, uns von dieser Regelmäßigkeit und Unveränderlichkeit eine Vorstellung zu machen. Man nennt diese Idee die atomistische Theorie und denkt sich danach die Sache, wie folgt: Atome.

Atome in der Wärme.

1) Jeder Körper ist aus kleinen Theilchen zusammengesetzt, die neben einander liegen und Atome heißen; zwischen diesen befinden sich Zwischenräume oder Poren. Bei leichten Körpern liegen die Atome weiter aus einander, und die Zwischenräume sind größer, als bei schweren. Werden Körper erkältet oder zusammengedrückt, so rücken die Atome näher zusammen und die Körper werden dichter und specifisch schwerer; beim Erwärmen dagegen entfernen sich die Atome von einander, die Poren werden größer, die Körper mithin ausgedehnter und specifisch leichter. Am weitesten von einander müssen die Atome bei den Gasarten und Dämpfen sein; bei dem Wasserdampfe z. B. 1700mal entfernter als bei dem flüssigen Wasser, da ersterer einen 1700mal größeren Raum einnimmt als das tropfbare Wasser.

Atome sind untheilbar.

2) Diese kleinen Theilchen, woraus die Masse eines Körpers besteht, lassen sich nicht weiter in noch kleinere zertheilen. Hieraus erklärt sich der Name atomos (untheilbar).

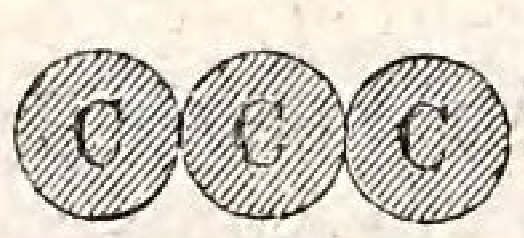
Atome sind unsichtbar.

3) Sie sind so klein, daß man sie nie, auch nicht durch das schärfste Vergrößerungsglas sehen oder zählen kann: sie existiren vor der Hand nur in unserer Einbildungskraft.

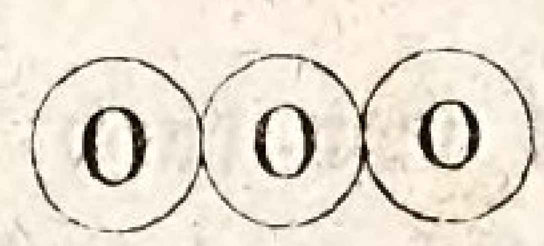
Einfache und zusammengesetzte Atome.

4) Einfache Körper haben einfache Atome, z. B.

Kohle:




Sauerstoff:




Calcium:




Vereinigen sich zwei oder mehre Körper zu einer chemischen Verbindung, so nimmt man an, daß sich deren Atome zusammenlegen und nun vereint ein selbständiges, mechanisch untheilbares Ganzes, ein zusammengesetztes Atom bilden. Zusammengesetzte Körper bestehen demnach aus zusammengesetzten Atomen oder Atomgruppen, z. B.

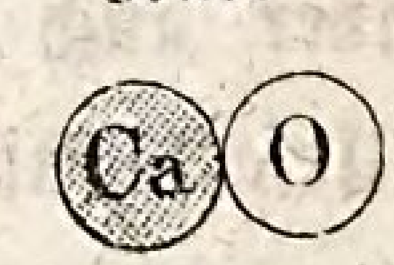
Kohlenoxydgas:



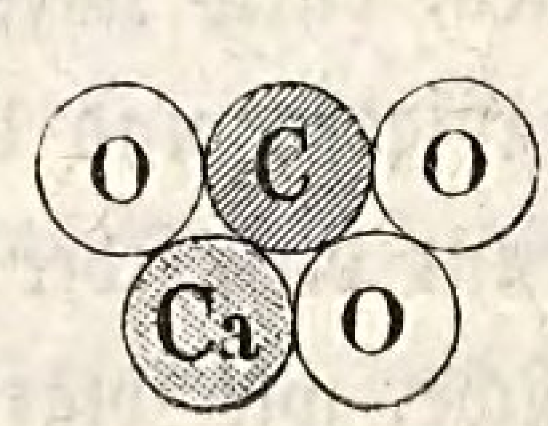

Kohlensäure:




Kalk:

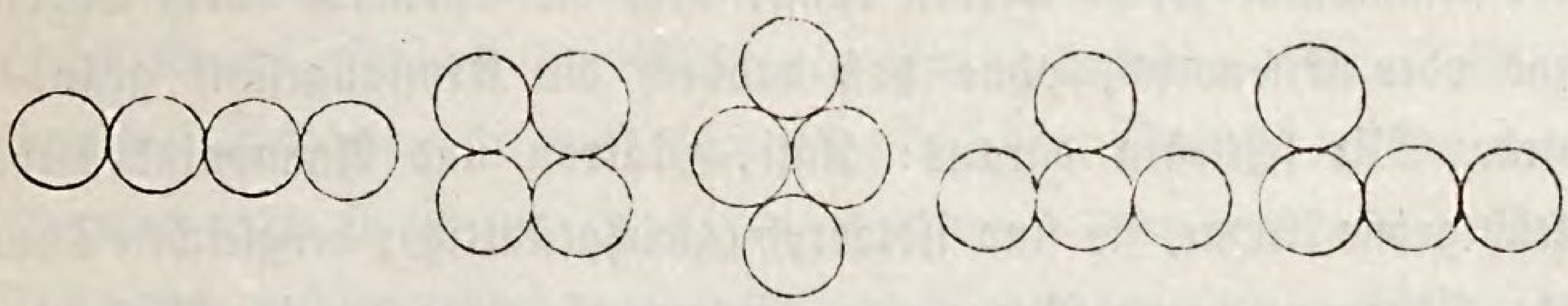



Kohlensaurer Kalk:



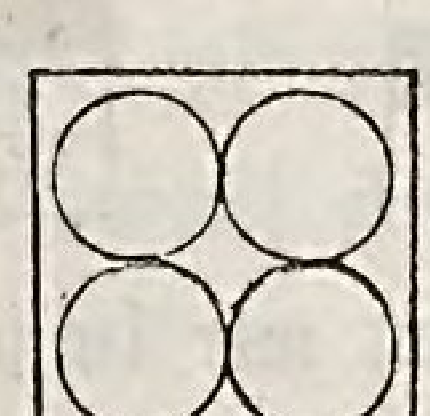
5) Scheidet sich ein fester Körper langsam aus einer Flüssigkeit aus, so haben seine Atome Zeit, sich nach bestimmten Richtungen an einander zu legen und wir erhalten regelmäßige Krystallgestalten; beim plötzlichen Festwerden aber erfolgt nur eine regellose Zusammenhäufung der Atome, und der Körper erscheint amorph (glasartig oder pulverig). Krystallbildung und Amorphie.

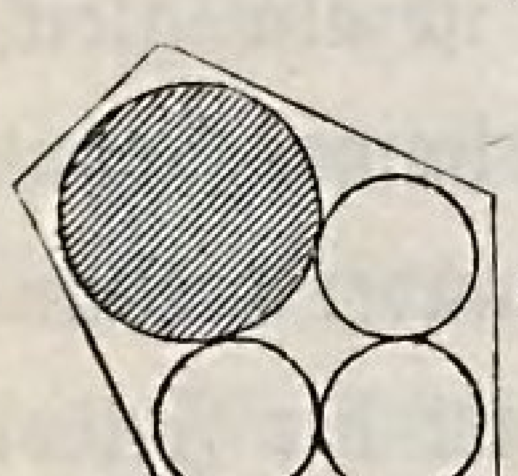
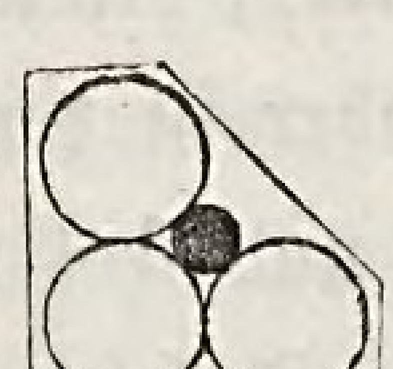
6) Die Stellung der Atome gegen einander ist veränderlich. Wie sich vier Kugeln in folgende Stellungen bringen lassen: Dimorphie.

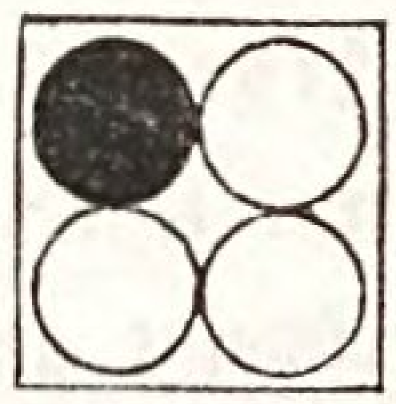


so mögen auch die Atome, bald auf die eine, bald auf die andere Weise geordnet, neben einander liegen. Hiedurch wird es erklärlich, warum ein und derselbe Körper oft in verschiedenen Krystallformen oder mit verschiedenem Gefüge, also in mehrerlei Zuständen (dimorph), auftreten kann. Der Schwefel krystallisirt bei gewöhnlicher Temperatur aus Auflösungen in Octaëdern, bis zum Schmelzen erhitzt dagegen in schiefen Säulen. Eine frisch geschmiedete eiserne Wagenachse hat ein faseriges Gefüge, nach längerem Gebrauche ein körniges 2c.

7) Die Atome verschiedener Körper haben wahrscheinlich auch eine verschiedene Größe. Aus vier Erbsen läßt sich ein regelmäßiges Viereck Isomorphie.

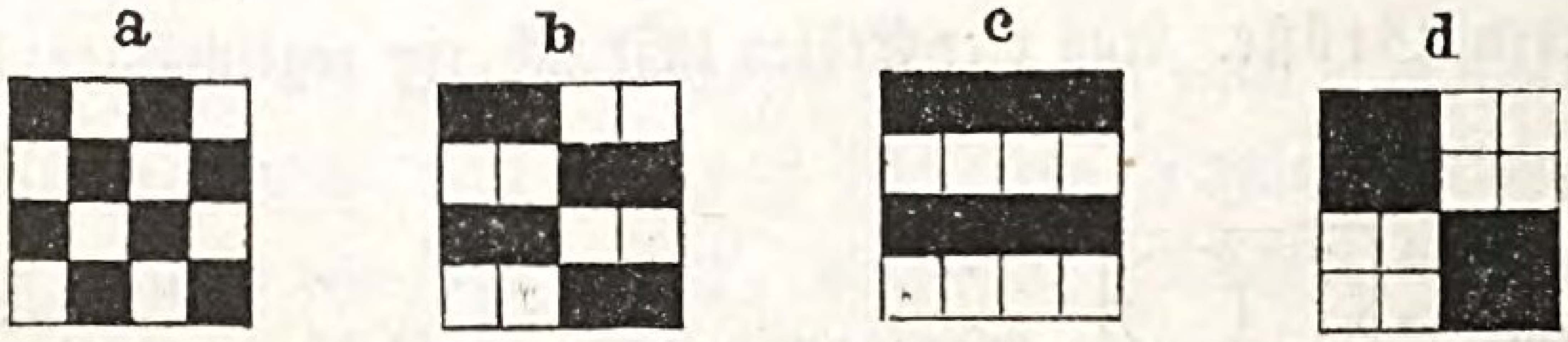
aufbauen  ; ersetzen wir aber eine Erbse durch eine Bohne

 oder durch eine Linse  , so wird in beiden Fällen die regelmäßige Form gestört; sie bleibt dagegen ungeändert, wenn

Isomorphie. man eine gleich große Bleikugel an die Stelle der weggenommenen Erbse legt , obwohl das Ansehen des Vierecks jetzt ein anderes ist. Eine ähnliche Bewandtniß mag es mit den Atomen haben. Bei den Alaunen haben wir gesehen, daß Kali durch Natron oder Ammoniak ersetzt werden kann, oder die Thonerde durch Chromoxyd oder Eisenoxyd, ohne daß dadurch die Krystallgestalt geändert wird. Wir schließen daraus: Kali, Natron und Ammoniak haben gleich große Atome, sie sind isomorph (gleichgestaltig); desgleichen Thonerde, Chromoxyd und Eisenoxyd. Sehen wir dagegen eine Aenderung der Krystallform eintreten, wenn wir einen Körper durch einen anderen ersetzen, so schließen wir daraus auf eine ungleiche Größe der Atome in diesen Körpern.

Isomerie. 8) Durch die Annahme von Atomen erklären sich auch die isomerischen und allotropischen Zustände der Körper auf eine sehr einfache Weise. Auf einem Schachbrette können wir durch Versetzung der weißen und schwarzen Felder die mannichfachsten regelmäßigen Gruppirungen hervorbringen, z. B.

a b c d



Zählen wir die einzelnen Felder, so finden wir in jeder Figur 8 weiße und 8 schwarze Felder; die absolute Zahl derselben ist also gleich groß, ihre Gruppirung aber ist verschieden. Bei a sind immer 1 und 1, bei b 2 und 2, bei c und d 4 und 4 Felder mit einander verbunden; daher das verschiedene Ansehen. Denken wir uns statt der Felder Atome, so haben wir ein Bild von den isomerischen Körpern, und wir erklären es uns nun leicht, wie es Körper geben kann, die bei ganz

gleicher, auch dem Gewichte nach gleicher Zusammensetzung doch ein ganz verschiedenes Ansehen und verschiedene Eigenschaften haben. Kautschuk (Gummi elasticum), Steinöl und Leuchtgas, diese drei sich höchst unähnlichen Körper, sind ein auffallendes Beispiel von dieser äußeren Verschiedenheit und inneren Gleichheit. Sie haben qualitativ und quantitativ ganz gleiche Bestandtheile (Kohlenstoff und Wasserstoff). Isomerie.

9) Die Atome der verschiedenen Körper müssen endlich auch ein **Gewicht**, und zwar ein von einander verschiedenes besitzen. Hat ein Stück Kreide, in dem sich Millionen Atome befinden mögen, ein bestimmtes Gewicht, so muß auch dem kleinsten Stäubchen davon ein sei's auch noch so kleines Gewicht zukommen, denn aus gewichtslosen Stäubchen würde nimmermehr ein mit Gewicht begabter Körper entstehen können. Die Kreide enthält jederzeit auf 350 Loth Kalk 275 Loth Kohlensäure. Hat ein größeres Stück Kreide diese Zusammensetzung, so muß auch ein kleineres Stück, ja das kleinste Stäubchen, in demselben Gewichtsverhältnisse zusammengesetzt sein. Denken wir uns nun die Kreide aus 1 At. Kalk und 1 At. Kohlensäure zusammengesetzt, so schreiben wir damit dem Atom Kalk ein Gewicht von 350, dem Atom Kohlensäure ein Gewicht von 275 zu. In 350 Loth Kalk sind stets enthalten 250 Loth Calcium und 100 Loth Sauerstoff; auch diese Verbindung wird als eine aus gleichen Atomen bestehende angesehen; 1 At. Calcium wiegt demnach 250, 1 At. Sauerstoff 100. In 275 Loth Kohlensäure endlich finden sich jederzeit 75 Loth Kohlenstoff mit 200 Loth Sauerstoff vereinigt; wir sehen deshalb 75 als das Gewicht eines Atoms Kohlenstoff, 200 aber als das von 2 At. Sauerstoff an. Gewicht der Atome.

Die hier angegebenen Zahlen sind genau dieselben, die früher schon unter den Namen Mischungsgewichts- oder Aequivalentzahlen vorgekommen sind. Man kann diese Zahlen also auch, nach der atomistischen Ansicht, als die **relativen Gewichte der Atome** ansehen; daher der dritte und einfachste Name für dieselben: **Atomgewichte**. Atomgewichte.

---

# Schwere Metalle.

## Erste Gruppe der schweren Metalle.

### Eisen, Ferrum (Fe).

(At.-Gew. = 350. — Specif. Gew. = 7.)

— Schon im Alterthume bekannt. —

Eisen; Fe. 275. Nennt man das Gold den König der Metalle, so muß das Eisen als der bei Weitem wichtigste und nützlichste Mann im Staate der Metalle gelten. Sonst sah man das Eisen als das Symbol des Krieges an und gab ihm den Namen Mars und dessen Zeichen ♂; daß es jetzt aber auch für die friedlichen Beschäftigungen der Menschen eine große, eine unbeschreiblich große Wichtigkeit erlangt hat, wer wüßte das nicht? Nicht in Schwerter und Kanonen allein vermögen wir jetzt dieses Metall umzuformen; das Eisen ist es, aus dem wir uns auch Pflug und Meißel und die tausenderlei verschiedenartigen Werkzeuge und Maschinen, von der simplen Kaffeemühle an bis hinauf zu der wundersamen Dampfmaschine, darstellen; es ist die Leiter, auf der Künste und Gewerbe bis zu einer so außerordentlichen Höhe hinaufgestiegen sind; es ist die Brücke, auf der wir jetzt über Berg und Thal mit einer Geschwindigkeit hinwegfliegen, die an's Zauberhafte grenzt.

Das Gold finden wir gediegen auf der Oberfläche der Erde; wir brauchen den Kiesboden mancher Länder, den Sand mancher Flüsse nur auszuwaschen und abzuschlämmen, um das Gold in metallischem Zustande zu erhalten. Nicht so mit dem Eisen, welches gediegen nur als Seltenheit in manchen Meteormassen vorkommt. Aus der Tiefe der Erde müssen wir durch kunstvolle Bauten die Erze hervorholen, in denen das Eisen versteckt liegt; durch künstliche Mittel müssen wir diesen in dem heftigsten Feuer erst ihren Sauerstoff entziehen, um sie in metallisches Eisen zu verwandeln, müssen das letztere erst umschmelzen und auf die mannigfachste Weise umarbeiten, ehe es die Eigen-

schaft erlangt, sich schmieden und schweißen zu lassen. Das Gold wird dem Menschen von der Natur als ein Geschenk dargeboten; das Eisen muß erst durch die mühsamste Arbeit, durch Anstrengung der körperlichen wie der geistigen Kräfte, erkämpft werden. Gerade dadurch aber ist das Eisen zu einem Segen geworden für die Länder, die sich mit der Darstellung und Verarbeitung desselben beschäftigen; denn wir finden in ihnen, wie die Geschichte lehrt, den Segen der Arbeit: Gesundheit, Zufriedenheit, Wohlstand und Geistescultur in viel höherem Maaße, als in den Ländern, wo man Gold im Ueberflusse hatte und dabei das Arbeiten verlernte. Eisen; Fe.

Das Eisen erscheint auch in anderer Beziehung vor allen anderen schweren Metallen bedeutungsvoll für den Menschen. Es ist das einzige Metall, welches unschädlich ist für unsere Gesundheit; das einzige Metall, welches einen nie fehlenden Bestandtheil des thierischen Körpers, namentlich des Blutes, ausmacht; das einzige Metall endlich, welches wir überall auf der Erde, in allen Steinen und Erdarten und in den meisten Pflanzen antreffen. Wissen wir auch noch nicht, worin der Einfluß besteht, den es auf das Leben der Thiere und Pflanzen ausübt, zu dem Schlusse müssen wir doch durch seine allgemeine Verbreitung geführt werden, daß es der höchsten Weisheit gefallen hat, dem Eisen eine ähnliche Wichtigkeit für das organische Leben beizulegen, wie dem Kochsalze, dem Kalke, der Phosphorsäure und einigen anderen Stoffen. Eisen in organischen Körpern.

276. Versuche mit Eisen (Eisenerze).

Zu diesen Versuchen wendet man das zarte Eisenpulver an, wie es in den Apotheken vorräthig gehalten wird.

Versuch a. Man schütte $17\frac{1}{2}$ Gran Eisenpulver auf eine Kohle und erhitze es an einer Stelle einige Augenblicke mit dem Löthrohre (Fig. 143 a. f. S.): es fängt an zu glühen, und dieses Glühen pflanzt sich nachher von selbst durch die ganze Masse fort, was man sehr deutlich an dem regenbogenfarbigen Streifen erkennt, der dem Erglühen vorausgeht. Das Eisen nimmt dabei eine dunklere, fast Eisen in der Hitze.

Eisen in der Hitze.

schwarze Farbe an und bildet nach dem Erkalten einen zusammengebackenen Kuchen, der ungefähr $18^3/_4$ Gran wiegt; $17^1/_2$ Gran Eisen haben also $1^1/_4$ Gran Sauerstoff aufgenommen. Multiplicirt man diese Zahlen mit 20, so erhält man 350 Eisen (1 Atom) und 25 Sauerstoff ($^1/_4$ Atom), oder 4 At. Eisen auf 1 At. Sauerstoff. Man kann diesen Körper Eisensuboxyd (Unteroxyd) nennen. In dem Eisenoxydul ist immer 1 At. Eisen (350) mit 1 At. Sauerstoff (100) verbunden; hienach kann man das Suboxyd auch als ein Gemenge von 1 Atom Eisenoxydul mit 3 Atomen Eisenmetall ansehen.

Fig. 143.



Hammerschlag; $FeO$, $Fe_2O_3$

Versuch b. Erhitzt man den Eisenkuchen weiter vor dem Löthrohre, so daß er längere Zeit lebhaft glüht, so nimmt er immer mehr an Gewicht zu, bis er endlich 6—7 Gran mehr wiegt. Jetzt stellt er dieselbe Verbindung dar, die sich beim Verbrennen des Eisens in Sauerstoff und beim Schmieden und Schweißen des Eisens bildet, den bekannten Hammerschlag. Er ist ein Gemenge von Oxydul und Oxyd ($FeO$, $Fe_2O_3$). Das Eisenoxydul ($FeO$) kann man sich auf diese Weise nicht rein darstellen, weil sich immer gleichzeitig Oxyd mitbildet; wohl aber läßt sich aus der Farbe des Suboxyds und Oxyduloxyds schließen, daß es eine schwarze Farbe besitzt. Diese Farbe bemerken wir auch an allen Felsarten, die Eisenoxydul, meistens mit Kieselsäure

Eisenoxyduloxyd.

verbunden, enthalten. Fast alle schwarzen und grünen Steine, z. B. Basalt, Thonschiefer, Grünstein, Serpentin rc., verdanken ihre Farbe dem Eisenoxydul. *Eisenoxydul-oxyd.*

An vielen Orten findet man im Innern der Erde ein Eisenerz, welches dieselbe Zusammensetzung und dieselbe schwarze Farbe hat, wie der Hammerschlag. Man nennt es Magneteisen, weil es nicht nur von dem Magnete angezogen wird, sondern selbst kleine Eisenstückchen anzieht und festhält. Umgiebt man ein Stück Magneteisen mit zwei eisernen Stäben, so geht die magnetische Kraft aus dem Steine in das Eisen über, und man kann sich auf diese Weise kleine (natürliche) Magnete anfertigen. Das berühmte schwedische Eisen wird zum größten Theile aus diesem Eisenerze ausgeschmolzen. *Magneteisenstein.*

**Versuch** c. Wird Hammerschlag lange Zeit in der äußeren oder Oxydationsflamme des Löthrohrs erhitzt, so überzieht er sich mit einem braunrothen, pulverigen Ueberzuge; er nimmt nämlich noch mehr Sauerstoff aus der Luft auf, und wird zu Eisenoxyd ($Fe_2O_3$). *Eisenoxyd: $Fe_2O_3$.*

**Versuch** d. Leichter stellt man sich das Eisenoxyd auf folgende Weise dar. Man legt einen Krystall von Eisenvitriol auf eine Kohle und glüht ihn so lange, bis er braunroth geworden ist. Wasser und Schwefelsäure entweichen, und das übrigbleibende Eisenoxydul ($FeO$) nimmt noch ½mal mehr Sauerstoff auf, als es schon hatte, es wird zu Eisenoxyd ($Fe_2O_3$). Die rothe Farbe des letzteren tritt erst dann recht deutlich hervor, wenn man es mit dem Fingernagel auf einem Papiere breit reibt. Auf gleiche Weise bleibt Eisenoxyd zurück, wenn man Eisenvitriol erhitzt, um daraus Vitriolöl darzustellen; dieses kommt unter dem Namen Caput mortuum, Todtenkopf, Englischroth oder Polirroth, als eine beliebte und wohlfeile Anstrichfarbe und als Polirmittel für Glas und Metall in den Handel. *Caput mortuum.*

Das Eisenoxyd findet sich aber auch von der Natur fertig gebildet an vielen Orten der Erde, bald krystallisirt als Eisenglanz, bald derb als Glaskopf, oder strahlig als Blutstein, oder erdig als Eisenrahm. Oft kommt es auch mit Thon gemengt vor, und dann erhält es die Namen: rother Thoneisenstein, Röthel oder *Rotheisensteine.*

Rotheisensteine. Bolus. Wo immer wir rothe Gesteine oder rothe Erdarten antreffen, da können wir auch annehmen, daß das Färbende darin Eisenoxyd sei. Viele der genannten Körper bilden mächtige Lager im Innern der Erde und werden als geschätzte Eisenerze (Rotheisensteine) zum Ausschmelzen von Eisen benutzt.

Eisen und Wasser. Versuch e. Man schütte etwas Eisenpulver in ein Trinkglas und gieße letzteres voll Brunnenwasser: das Eisen wird nach und nach seinen Glanz verlieren und eine schwarze Farbe annehmen; es verwandelt sich in Eisenoxyduloxyd. Man wiederhole diesen Versuch mit abgekochtem Wasser; in diesem wird das Eisen seine blanke metallische Beschaffenheit behalten. Der Grund dieses verschiedenen Verhaltens liegt in der Luft und der Kohlensäure, die in jedem Quellwasser vorhanden sind und das Eisen langsam oxydiren. Bei dem Kochen werden diese beiden Gasarten ausgetrieben, daher findet in dem abgekochten Wasser keine Oxydation Statt.

Eisenrost; $Fe_2O_3$, 3 HO. Versuch f. Gießt man das Wasser jetzt ab, so daß das Eisen auch mit der Luft in Berührung kommt, so tritt die bekannte Erscheinung des Rostens ein. Hiebei nimmt das Eisen so viel Sauerstoff auf, daß es zu Oxyd wird, außerdem aber auch noch eine bestimmte Quantität von Wasser (3 At.), welches als die Ursache der gelben Farbe des Rostes anzusehen ist. Der Rost ist also Eisenoxydhydrat, $Fe_2O_3$, 3 HO. Erhält man das Eisen feucht und rührt es alle Tage einigemal um, so wird es nach einiger Zeit vollständig zu Rost zerfressen sein.

Brauneisensteine. Auch diese Verbindung kommt häufig natürlich vor und wird unter dem Namen Brauneisenstein als ein vorzügliches Eisenerz benutzt. Mit Thon gemengt erhält der Brauneisenstein die Benennungen: Gelbeisenstein, gelber Ocker, gelber Thon oder gelbe Erde. Die gelbe oder braune Farbe, die wir an so vielen Steinen bemerken, wenn sie an der Luft liegen, die gelbe oder braune Farbe, die unsere Felder, unser Lehm und Sand besitzen, sie rührt immer von Eisenoxydhydrat her. Das Verwittern schwarzer Felsarten zu braunem Gerölle und endlich zu gelber Ackererde wird nun

nichts Befremdendes mehr haben: das darin enthaltene schwarze Eisenoxydul oxydirt sich allmälig zu gelben Eisenoxydhydrat.

**Versuch** g. Von dem bei b. erhaltenen Eisenoxyduloxyd, oder auch von Eisenpulver, schütte man ein wenig in ein Gläschen, fülle das letztere ganz voll mit künstlichem Selterswasser und lasse es wohl verstopft einen Tag stehen. Die weißen Flocken, welche sich auf dem Boden des Gefäßes absetzen, sind kohlensaures Eisenoxydulhydrat, welches sich aus dem Eisenoxydul des Hammerschlags und der Kohlensäure des Selterswassers bildete. Das chemisch gebundene Wasser ertheilt hier dem schwarzen Eisenoxydul eine weiße Farbe. Die klare Flüssigkeit enthält auch etwas davon aufgelöst, wie der den Eisenlösungen eigenthümliche tintenartige Geschmack derselben anzeigt; sie wird in ein Trinkglas gegossen und bei Zutritt der Luft der Ruhe überlassen. In dem Maaße, als die freie Kohlensäure entweicht, bedeckt sich die Oberfläche mit einem zarten, weißen Häutchen, dessen Farbe sich allmälig in Gelb, dann in Roth und Violett umändert; zuletzt nimmt dasselbe eine gelbbraune Farbe an und senkt sich, als Rost, zu Boden. Das Eisenoxydul zieht sehr begierig Sauerstoff an und wird zu Eisenoxyduloxyd und endlich zu Eisenoxydhydrat. Dasselbe thun auch die Eisenoxydulsalze; daher das Gelbwerden derselben bei längerer Aufbewahrung oder beim Liegen an der Luft. Ein sehr dünnes Häutchen von Eisenoxyduloxyd wirft das Licht gelb zurück, ein dichteres roth oder braun, ein noch dichteres violett und blau; hierin liegt der Grund des regenbogenartigen Farbenwechsels, den wir häufig auch im Freien auf sumpfigen Wässern recht schön beobachten können. Wie hier, so bilden sich nämlich auch oft in der Natur, da wo Quellwässer über eisenhaltige Gesteine hinwegfließen, Auflösungen von kohlensaurem Eisenoxydul (Stahlwässer), die an der Luft ebenso zersetzt werden. Auf diese Weise entsteht der lockere, braune Schlamm, der sich aus manchen Gewässern in großen Massen ablagert. Durch Anhäufung dieses Schlammes haben sich sogar an vielen Orten mächtige Lager von Eisenoxydhydrat gebildet, die unter den Namen Wiesen- oder Sumpferz

Eisen und Selterswasser.

Stahlwässer.

Raseneisenstein. oder **Raseneisenstein** zum Eisenschmelzen verwendet werden. Gewöhnlich enthalten diese Erze auch etwas Phosphorsäure.

Spatheisenstein. Auch das **kohlensaure Eisenoxydul** wird in manchen Ländern, in der Form eines hellgrauen, dichten Gesteins, in so großer Menge angetroffen, daß man Eisen daraus gewinnt. Der berühmte steyrische und märkische Stahl wird vorzugsweise aus diesem Erze, das man **Spatheisenstein** oder Sphärosiderit nennt, dargestellt. Mit Thon gemengt kommt es besonders häufig in Begleitung der Steinkohlen vor, und ein solches Erz ist es, aus dem man das meiste englische Eisen ausschmilzt.

Eisensäure; $FeO_3$. Außer den hier aufgeführten Eisenoxyden giebt es noch eine Verbindung mit noch einmal so viel Sauerstoff als das Oxyd enthält; diese besitzt einen sauren Charakter und hat deshalb den Namen **Eisensäure**, $FeO_3$, erhalten. Man kennt sie bis jetzt nur mit Basen verbunden.

Eisenerze. 277. In den Verbindungen, welche das Eisen mit dem Sauerstoff liefert, haben wir zugleich die **wichtigsten Eisenerze** kennen gelernt, aus denen man das Eisen im Großen darstellt. Es sind folgende:

$FeO$, $Fe_2O_3$, natürlich vorkommend als **Magneteisenstein**, und rein 72 Proc. Eisen enthaltend.

$FeO$, $CO_2$, natürlich vorkommend als **Spatheisenstein**, Sphärosiderit, Thoneisenstein; meist mit Thon, Kalk, Eisenoxydhydrat 2c. gemengt und daher nur 30 bis 40 Proc. Eisen enthaltend.

$Fe_2O_3$, krystallisirt als **Eisenglanz** und Eisenglimmer (69 Proc. Eisen), faserig als **Blutstein** und Glaskopf, derb als **Rotheisenstein**, erdig als Eisenrahm oder rother Ocker vorkommend; mit Thon gemengt aber als **Röthel**, rother Thoneisenstein, rother Bolus 2c.

$Fe_2O_3$, $3HO$, mit dem natürlichen Vorkommen: **Brauneisenstein** (rein 59 Proc. Eisen enthaltend), brauner Glaskopf, Gelbeisenstein, brauner Thoneisenstein, Raseneisenstein, Sumpf-, Bohnenerz 2c.

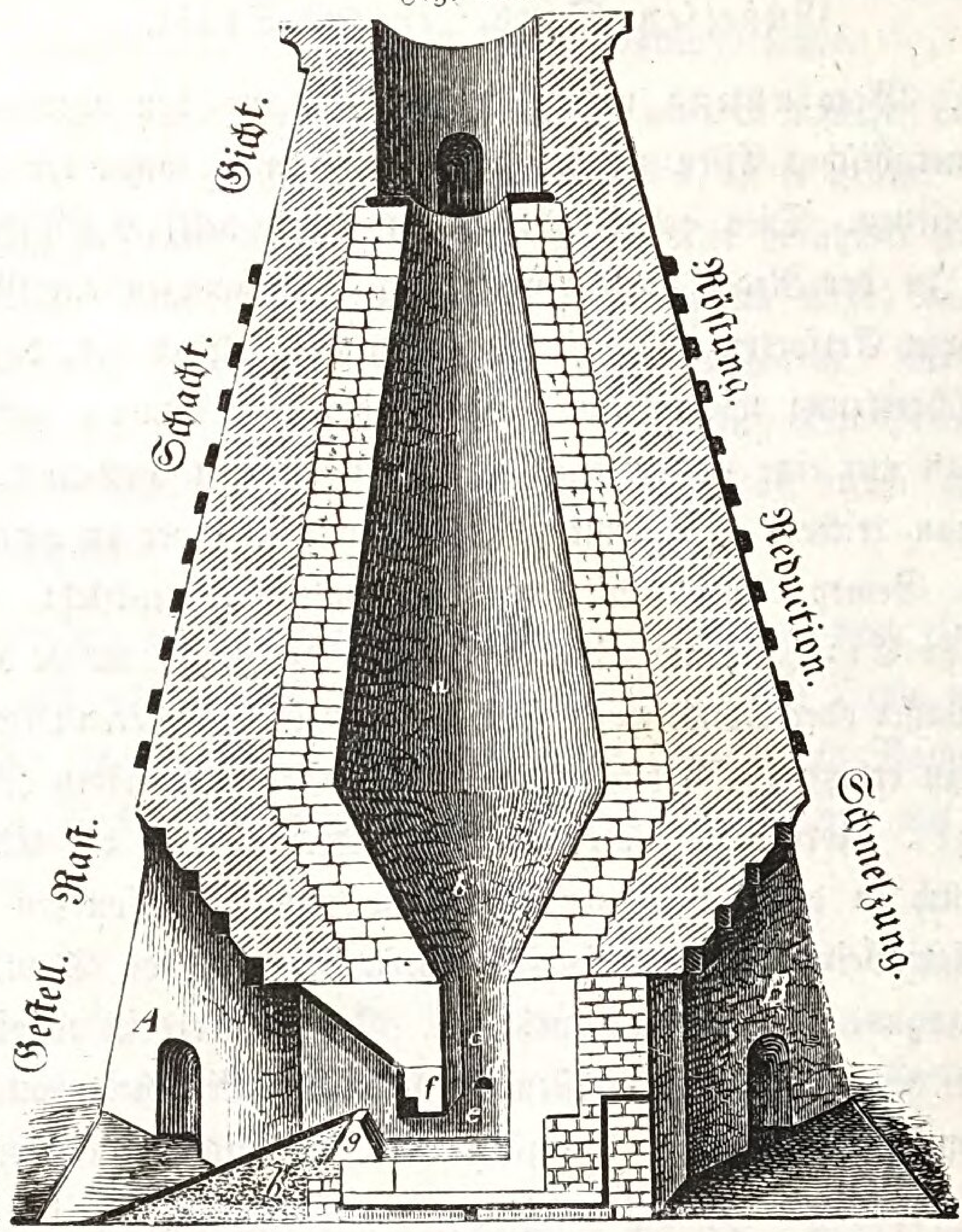
## Gußeisen, Stabeisen und Stahl.

278. Gewinnung von Eisen. Um aus den vorerwähnten Erzen metallisches Eisen zu gewinnen, muß man ihnen den Sauerstoff entziehen. Dies geschieht allgemein durch heftiges Glühen mit Kohle. In der Regel wendet man zum Verschmelzen ein Gemenge von mehren Erzsorten an, weil die Erfahrung gelehrt hat, daß dann die Ausschmelzung leichter und vollständiger von Statten geht, als wenn man nur eine einzige Sorte von Eisensteinen anwendet. Auch pflegt man reichere und ärmere Erze so mit einander zu vermischen, daß ein Gemenge von mittlerer Reichhaltigkeit entsteht (Gattiren der Erze). Auch pflegt man wohl die Erze, welche Kohlensäure, Wasser oder Schwefel enthalten, zuvor in besonderen Oefen zum Glühen zu erhitzen, um diese flüchtigen Stoffe auszutreiben (Rösten der Erze). Ferner ist hiebei zu berücksichtigen, daß die Eisenerze, wie sie sich in der Natur vorfinden, nie rein sind, sondern immer fremdartige Beimengungen (Gangart), z. B. Kieselerde, Thon, Kalkerde, Mangan, Phosphor 2c., enthalten. Insbesondere ist es die Kieselerde, die den hauptsächlichsten Begleiter der Eisensteine ausmacht. Diese schmilzt auch in dem heftigsten Ofenfeuer nicht, und doch muß sie zum Schmelzen gebracht werden, wenn das Eisen aus den Erzen ausfließen und als eine zusammenhängende Masse erhalten werden soll. Man erreicht dies durch Zusatz einer Basis, mit der die Kieselsäure sich verbinden kann, gewöhnlich durch Kalk. Es entsteht ein Kalkglas, und wenn zugleich Lehm oder Thon zugegen ist, auch ein Thonglas, welche beide viel leichter schmelzen als diese Stoffe einzeln, und als Schlacke abfließen. Solche Körper, die als Flußmittel wirken, nennt der Hüttenmann Zuschläge, das Gemenge aber aus Erzen und Kalk (Lehm) die Beschickung. Diese wird nun in abwechselnden Schichten mit Holzkohlen oder Coaks in einen großen Schachtofen geworfen, der Hohofen genannt wird, und folgende Einrichtung hat.

Gewinnung von Eisen.

Hohofen.

Fig. 114.




Hohofenproceß.

Der Theil *a* des Ofens heißt der Schacht, der Theil *b* die Rast, der Theil *c* das Gestell und der Theil *e* der Herd. Die obere Oeffnung des Ofens (die Gicht) dient gleichzeitig zum Einschütten der Erze und Kohlen wie zum Entweichen des Rauches, sie ist also Feuerthür und Schornstein zugleich. In dem höheren Theile des Schachtes kommt die Beschickung bis zum Glühen (sie wird geröstet); dabei entweicht sogleich die Kohlensäure des Kalksteins. Weiter unten entzieht die Kohle den Eisenerzen ihren Sauerstoff und entweicht damit als Kohlenoxydgas, welches an der Gicht bei Luftzutritt vollends zu Kohlensäure verbrennt und die große Flamme (Gichtflamme) veranlaßt, die aus der Oeffnung emporschlägt. In der unteren Gegend der Rast, da, wo das Gestell anfängt, ist die größte Gluth,

dort schmilzt das reducirte Eisen und sickert bis auf den Herd hinab, wo es sich ansammelt; ebenso schmelzen daselbst auch Kieselerde, Kalk und Thon zu Schlacke zusammen, die auf dem Eisen schwimmt und bei *i* abgezogen wird. Das geschmolzene Eisen läßt man von Zeit zu Zeit durch eine kleine Oeffnung, die man in die Seitenwand des Herdes einbohrt, abfließen und formt es in Barren (Gänze). Die zum Brennen der Kohlen oder der Coaks nöthige Luft wird, nachdem man sie vorher schon bis auf hundert oder noch mehr Grade erhitzt hat, bei *d* durch große Blasebälge oder andere Gebläsevorrichtungen in den Ofen getrieben, in dem die Hitze wohl auf 1200 bis 2000° C. steigen mag. In dem Maaße, als die in Gußeisen und Schlacke umgewandelte Beschickung unten entfernt wird, schüttet man oben wieder frische Portionen von Erz, Zuschlag und Kohle auf, und auf diese Weise geht das Schmelzen ununterbrochen so lange, oft 5 bis 6 Jahre lang, fort, als es der Ofen aushält (eine Campagne). Hohofenproceß.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Eisenerze: | Eisen + | Sauerstoff + | Kieselerde (Thon) | |
| Zuschläge: | — | — | Kalk (Thon) | |
| Brennmaterial: | Kohle, | Kohle, | — — | |
| Producte: | Kohleneisen (Gußeisen). | Kohlenoxydgas u. Kohlensäure. | Kiesels. Kalk und kiesels. Thonerde. | Schlacken. |

Die gewonnenen Hohofen-Schlacken haben meist eine grüne oder blaue Farbe, die von etwas mitaufgelöstem Eisenoxydul und Manganoxydul herrührt; sie werden häufig in viereckige Stücke geformt und als Bausteine verbraucht.

279. Gußeisen oder Roheisen. Das durch den angegebenen Hohofenproceß gewonnene Metall ist keineswegs reines Eisen, sondern eine chemische Verbindung von Eisen mit Kohle. 1 Ctr. Eisen nimmt in der heftigsten Weißglühhitze ungefähr 4—5 Pfd. Kohle auf; außerdem noch etwas Silicium aus der Kieselerde, etwas Aluminium aus dem Thone, auch wohl eine Kleinigkeit von Schwefel, Phosphor, Arsenik ꝛc., wenn die Eisenerze dergleichen Beimengungen enthielten. In Gußeisen.

diesem Zustande zeichnet sich das Eisen durch folgende Eigenschaften aus:

Gußeisen ist schmelzbar.

a) Das Gußeisen ist in der Weißglühhitze schmelzbar (Schmiedeeisen und reines Eisen nicht), daher vorzüglich geeignet für eiserne Gegenstände, die sich durch Guß darstellen lassen. Zum Umschmelzen desselben wendet man im Kleinen Graphittiegel, im Großen aber Schachtöfen, sogenannte Cupolöfen, an.

Gußeisen ist spröde.

b) Das Gußeisen ist spröde, nicht schmiedbar und nicht schweißbar (Schmiedeeisen und Stahl lassen sich biegen, schmieden und schweißen). Die Anwendung desselben muß sich daher auf solche Sachen beschränken, welche keine Biegungen oder starke Erschütterungen auszuhalten haben. In neuerer Zeit hat man jedoch die Erfindung gemacht, dem Gußeisen durch mehrtägiges Glühen mit Hammerschlag oder Spatheisenstein einen gewissen Grad von Biegsamkeit ja selbst von Schweißbarkeit zu ertheilen. Man hat diesem Eisen den Namen hämmerbares Gußeisen (Fonte malléable) gegeben.

Graues und weißes Gußeisen.

Im Handel kommen zwei Arten von Gußeisen vor, nämlich graues und weißes. Das graue hat ein fast schwarzes, körniges Gefüge und läßt sich durch Stahlinstrumente feilen, bohren und abdrehen; das weiße dagegen ist silberweiß, von blättrigem oder strahligem Gefüge (Spiegeleisen) und so hart, daß es von Stahlwerkzeugen nicht angegriffen wird. Durch Umschmelzen und sehr langsames Abkühlen kann man das weiße Roheisen zu grauem, durch sehr heftiges Erhitzen und schnelles Abkühlen umgekehrt das graue zu weißem machen. Das graue Roheisen eignet sich am besten für die Gießereien, das weiße dagegen zur Bereitung von Schmiedeeisen und Stahl.

Schmiedeeisen ist

280. Schmiedeeisen oder Stabeisen. Nimmt man den Kohlenstoff von dem Gußeisen weg, so wird es zu Schmiedeeisen, und erlangt dadurch folgende höchst wichtige Eigenschaften:

dehnbar,

a) Das Stabeisen ist sehr dehnbar und zähe, so daß es zu Blech ausgehämmert oder gewalzt und zum feinsten Drahte ausgezogen werden kann (Gußeisen nicht).

b) Es wird in der Glühhitze, bevor es schmilzt, erst weich, ähnlich wie Wachs oder Glas, so daß man zwei glühende Stücke davon zu einem einzigen zusammenhämmern kann. Auf dieser Eigenschaft beruht die Schweißbarkeit des Eisens, die wir unter den bekannten Metallen nur noch beim Platin antreffen. Alle anderen Metalle werden plötzlich flüssig, ohne zuvor zu erweichen, ähnlich wie das Eis, wenn es zergeht. Schmiedeeisen ist schweißbar.

c) Es ist weich genug, um sich mit Stahlinstrumenten bearbeiten zu lassen, und wird auch nicht härter, wenn man es glühend durch Eintauchen in Wasser ablöscht (Stahl wird dadurch spröde). weich,

d) Das Schmiedeeisen unterscheidet sich ferner von dem Gußeisen noch dadurch, daß es ein sehniges oder faseriges Gefüge besitzt, gleichsam als ob es aus lauter mit einander verwachsenen, einzelnen Fäden bestände, während das Gußeisen das Ansehen hat, als wäre es eine aus einzelnen Eisenkörnchen zusammengebackene Masse. Höchst auffallend aber ist es, daß das sehnige Schmiedeeisen durch lange anhaltende Stöße oder Schläge, z. B. bei den Wagenachsen, nach und nach körnig und damit brüchig wird; denn wir sehen daraus: daß auch in festen Körpern die Atome derselben ihre Stellung gegen einander ändern können, was man früher nur bei flüssigen Körpern für möglich hielt. Durch Ausglühen und Umschmieden erlangt solches Eisen seine frühere Haltbarkeit und Biegsamkeit wie seine faserige Structur wieder. und faserig. Atomänderung in festen Körpern.

Ganz frei von Kohlenstoff ist das Schmiedeeisen auch noch nicht, aber es enthält davon im Centner nur noch ¼ bis ½ Pfd. Vollkommen kohlenstofffreies Eisen ist noch weicher und zäher als Stabeisen. Man schließt aus diesem Verhalten, daß es die Kohle (und der Kiesel) ist, welche in dem Eisen diese beiden Eigenschaften vernichtet, wenn sie sich, wie im Gußeisen, chemisch damit verbindet.

281. Eisenfrischen. 1. Herdfrischerei. Die Methode, welche man anwendet, um die Kohle aus dem Gußeisen wegzubringen, ist sehr einfach: man verbrennt sie nämlich, indem man das Frischproceß.

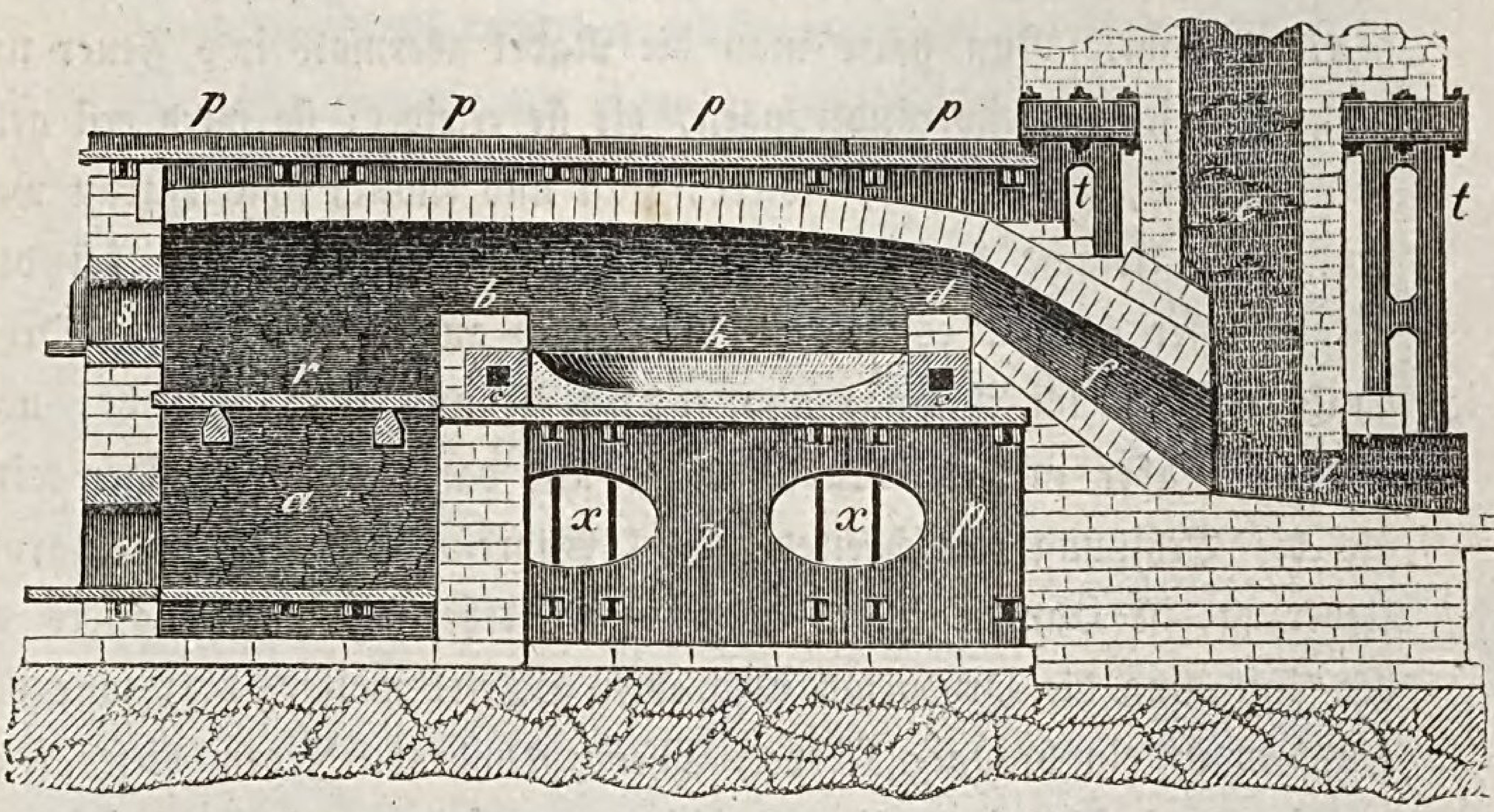
Frischproceß. Eisen bis zum Schmelzen erhitzt und unter stetem Umrühren Luft darauf strömen läßt, deren Sauerstoff sich mit der Kohle zu Kohlenoxydgas verbindet. Dabei wird aber auch ein bedeutender Theil des Eisens (1/4) zu Hammerschlag oxydirt, welcher mit dem Sande, der immer an den Gußeisenstücken hängt, oder auch absichtlich auf den Herd gestreut wird, zu einer schweren, schwarzen Schlacke von kieselsaurem Eisenoxyduloxyd (Frischschlacke) zusammenschmilzt; ebenso erfahren auch die anderen Beimengungen des Gußeisens, Kiesel, Phosphor ꝛc., eine Oxydation. Die Eisenmasse wird nach und nach zäher, da das Eisen um so schwerer schmilzt, je weniger es Kohlenstoff enthält, und kommt zuletzt in Gestalt eines lose zusammenhängenden Klumpens (Luppe) unter einen schweren Hammer, der die noch darin vorhandenen Schlackentheile ausquetscht, die Eisenpartikel aber zu einer compacten Masse zusammenschlägt. Aus der letzteren pflegt man nachher gewöhnlich viereckige Stäbe oder Schienen zu hämmern oder zu walzen. Man nennt diesen Umwandlungsproceß des spröden Gußeisens in dehnbares und biegsames Stabeisen das Frischen. Der Zweck des Frischens ist, wie eben gezeigt worden, eine Entkohlung des Eisens. Das nachstehende Schema wird den Vorgang noch deutlicher machen.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Gußeisen: | Eisen (3/4), | Eisen (1/4), | Kohlenstoff, |
| Luft: | — | Sauerstoff, | Sauerstoff, |
| Sand: | — | Kieselsäure, | |
| Producte: | Schmiedeeisen, | Frischschlacke, | Kohlenoxydgas. |

Puddeln. 2. Puddlingsfrischerei. Zum Frischen oder Entkohlen von größeren Eisenmengen wendet man Flammenöfen an, ähnlich wie bei der Sodabereitung (220.). Da bei diesen das Brennmaterial nicht mit dem Eisen selbst in Berührung kommt, so kann man wohlfeilere Brennstoffe als Holzkohle, z. B. Steinkohlen oder Torf, anwenden, deren Asche nach dem gewöhnlichen Frischverfahren auf dem Herde,

wobei das Eisen unmittelbar in die Kohlen gelegt wird, das Eisen Puddeln

Fig. 145.




verderben würde. Diese Oefen haben den Namen Puddlingsöfen erhalten, weil das Eisen immer umgerührt (gepuddelt) werden muß.

282. Stahl. Der Stahl steht gerade in der Mitte zwischen dem Guß- und Stabeisen, sowohl in Bezug auf seinen Gehalt an Kohlenstoff als auf seine Eigenschaften. Stahl ist

a. Glühend abgelöscht wird er äußerst hart und spröde (wie Gußeisen); etwas langsamer abgekühlt elastisch; bei ganz langsamer Abkühlung endlich bleibt er weich, dehnbar und schweißbar (wie Stabeisen). dehnbar und spröde, schweißbar,

b. Er schmilzt schwerer als Gußeisen und leichter als Stabeisen. schmelzbar.

c. Er enthält im Centner ungefähr 2—2½ Pfund Kohlenstoff.

Durch diese Eigenschaften wird der Stahl zu einem so überaus wichtigen Material für Tausende von Gegenständen, insbesondere für schneidende Instrumente, da man ihn nach Belieben weich oder hart, elastisch oder spröde machen kann. Gewöhnlich löscht man die gearbeiteten Stahlsachen erst glühend ab und vermindert dann die Sprödigkeit und Härte derselben durch das Anlassen.

Anlassen des Stahls. Versuch. Man halte eine stählerne Stricknadel in eine Spiritusflamme, bis sie glüht, und tauche sie dann schnell in kaltes Wasser: sie wird dadurch so spröde, daß sie bei dem Versuche, sie zu biegen, zerbricht. Nun halte man die Nadel abermals in's Feuer und beobachte die Farbenveränderungen, die sie erleidet: sie wird erst gelb dann orange, purpurroth, violett, blau und endlich schwarzgrau werden. Die Ursache dieser Farbenänderung ist dieselbe, wie bei dem Stahlwasser (276.); es bildet sich nämlich auf dem Stahl ein Oxydhäutchen, das im Anfange ganz dünn ist und gelb aussieht, nach und nach aber in dem Maaße dicker und damit dunkelfarbiger wird, als die Erhitzung fortschreitet. Das Endresultat, der schwarzgraue Ueberzug, ist Hammerschlag. Bei dem Stehen des Eisenwassers an der Luft ging die Oxydation noch einen Schritt weiter; dort war das Endproduct ein brauner Körper, Eisenoxydhydrat. Jedem dieser Farbentöne entspricht ein bestimmter Grad von Härte und Elasticität des Stahls, so zwar, daß die Nadel bei der gelben Färbung am härtesten und sprödesten, bei der blauen aber am weichsten und elastischsten ist. Durch das Anlassen geben die Stahlarbeiter ihren Fabrikaten die verschiedenen Abstufungen von Härte und Elasticität; sehr spröde und hart sind Feilen und Rasirmesser, sehr weich und elastisch Sägeblätter, Uhrfedern 2c.

Darstellung des Stahls. 283. Der Stahl kann auf zweierlei Weise dargestellt werden:

1) durch Frischen von Gußeisen bis zur Hälfte, so daß nur ½ von dem Kohlenstoffe verbrennt (Roh- oder Frischstahl); oder

2) durch mehrtägiges Glühen (Cementiren) von Stabeisen mit Kohlenpulver in verschlossenen Kästen, wobei der Kohlenstoff nach und nach in das Eisen dringt und dasselbe in Stahl umwandelt (Cementstahl).

Beide Stahlsorten müssen entweder durch vielmaliges Zusammenkneten in glühendem Zustande (Gerben, Gerbstahl) oder durch Umschmelzen (Gußstahl) gleichförmig gemacht werden. Durch Aetzen

mit Säuren kann man auf der polirten Oberfläche desselben dunkle und helle Streifen und Figuren hervorbringen (Damasciren des Stahls). Darstellung des Stahls.

Daß auch Stahl entstehen müsse, wenn gleiche Theile Stab- und Gußeisen auf's Innigste mit einander vereinigt werden, läßt sich schon aus den Bestandtheilen dieser beiden Körper folgern. Man kann auf diese Weise schmiedeeiserne Gegenstände, z. B. Ackergeräthe, Ketten rc. leicht oberflächlich verstählen, wenn man sie glühend einige Zeit in geschmolzenes Gußeisen taucht. Auf eine noch einfachere Weise läßt sich dieser Zweck durch Aufstreuen von Kaliumeisencyanür (Blutlaugensalz) erreichen (292.).

Eisen, Nickel und Kobalt sind die einzigen Metalle, welche von dem Magnete angezogen werden. In dem Stabeisen verschwindet der Magnetismus sogleich wieder, wenn es von dem Magnete abgenommen ist; der Stahl dagegen hält die magnetische Kraft fest und verliert sie erst durch's Glühen (Stahlmagnete). Das Eisenoxydduloxyd wird, seines Oxydulgehalts wegen, vom Magnete gleichfalls angezogen, nicht aber das Oxyd. Eisen und Magnetismus.

## Eisensalze.

284. Sowohl das Eisenoxydul als das Eisenoxyd bilden mit Säuren Salze; wir haben sonach zwei Reihen von Eisensalzen: a) Eisenoxydulsalze, meistens grün von Farbe und aus 1 Atom Oxydul und 1 Atom Säure zusammengesetzt; b) Eisenoxydsalze, gewöhnlich braungelb und aus 1 Atom Oxyd und $1\frac{1}{2}$ Atom Säure (oder 2 : 3) bestehend. Eisensalze.

## Eisen und Säuren.

Es ist schon bei 173. die Rede davon gewesen, daß manche Metalle sich nur in verdünnten Säuren auflösen, andere nur in concentrirten, und daß die ersteren den zu ihrer Oxydation erforderlichen Sauerstoff vom Wasser, die letzteren aber von der Säure entnehmen. Das Eisen gehört, nebst dem Mangan, Zink, Kobalt, Nickel und Eisen und Säuren

Eisen und Säuren.

Zinn, in die erstgenannte Klasse der Metalle, die man wasserzersetzende oder elektropositive nennt. Aus dem Umstande schon, daß sie bei Gegenwart einer Säure im Stande sind, dem Wasser seinen Sauerstoff zu entreißen, läßt sich abnehmen, daß sie kräftigere chemische Körper sind als die Metalle, welche dies nicht können. Diese Voraussetzung bestätigt sich auch in der That in allen Fällen: die wasserzersetzenden Metalle zeigen zu Sauerstoff, Schwefel, Chlor 2c. und ihre Oxyde zu den Säuren eine viel größere Affinität, als die übrigen Metalle und deren Oxyde. Es mag hiebei noch einmal daran erinnert werden, daß in einer Metallauflösung nie mehr ein Metall, sondern immer ein Metallsalz enthalten ist (160.).

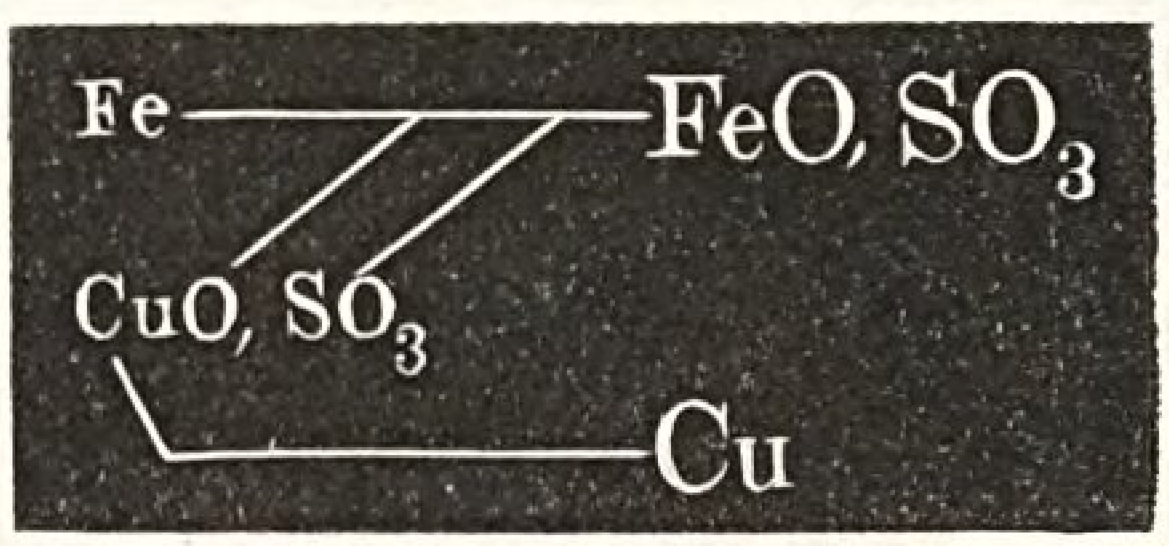
### 285. Eisenvitriol oder schwefelsaures Eisenoxydul ($FeO, SO_3 + 7HO$).

Eisenvitriol.

Das Salz, welches sich immer bildet, wenn Eisen in verdünnter Schwefelsäure aufgelöst wird, ist der bekannte Eisenvitriol, wegen seiner blaugrünen Farbe oft auch grüner Vitriol genannt. Man erhält ihn bei langsamer Verdampfung der Eisenlösung leicht in schiefen rhombischen Säulen krystallisirt; diese Krystalle bestehen fast zur Hälfte aus Krystallwasser.

Reduction auf nassem Wege.

**Versuch.** Man löse 100 Gran Kupfervitriol (175.) in 2 Loth Wasser und lege in die Lösung ein Stück blankgeputztes Eisenblech, das man vorher gewogen hat: die blaue Farbe wird allmälig in eine grünliche übergehen, während das Eisen sich mit einem rothen Ueberzuge von Kupfer bedeckt. Das stärkere Eisen entzieht dem Kupfer den Sauerstoff und die Schwefelsäure, und verbindet sich selbst mit beiden. Man erhält ziemlich 32 Gran Kupfermetall, wofür sich reichlich 28 Gran Eisen aufgelöst haben.




löslich.

nicht löslich.

32 verhält sich aber zu 28 nahezu wie 397 (das Atomgewicht des Kupfers) zu 350 (dem Atomgewicht des Eisens); an die Stelle

von 1 At. Kupfer ist sonach 1 At. Eisen getreten. Der hier stattfindende Vorgang wird eine Metallreduction auf nassem Wege genannt. In der über dem Kupfer stehenden Flüssigkeit ist kein Kupfer mehr aufgelöst, sondern nur Eisenvitriol, den man durch Abdampfen zum Krystallisiren bringen kann. Der unpassende Name Kupferwasser, mit dem man im gewöhnlichen Leben oft den Eisenvitriol bezeichnet, erklärt sich hieraus von selbst. Reduction auf nassem Wege.

## Versuche mit Eisenvitriol.

Versuch a. Man lasse eine Lösung von Eisenvitriol längere Zeit an der Luft stehen: sie wird nach und nach eine gelbliche Farbe annehmen und einen braungelben Körper (Eisenoxydhydrat) fallen lassen. Alle übrigen Eisenoxydulsalze thun dasselbe, sie ziehen nämlich Sauerstoff aus der Luft an und werden allmälig zu Eisenoxydsalzen. Die vorhandene Säure reicht aber nicht hin, um alles Oxyd aufzulösen, da das Eisenoxyd eine größere Sättigungscapacität hat, d. h. mehr Säure zu seiner Auflösung braucht, als das Eisenoxydul; daher fällt ein Theil des entstandenen Oxyds zu Boden. — Aus demselben Grunde scheidet sich aus den Oxydulsalzen der übrigen Metalle immer Oxyd aus, wenn sie in Oxydsalze umgewandelt werden. Will man in solchen Fällen eine klare Lösung haben, so muß man noch so viel Säure hinzusetzen, als nöthig ist, um das niedergefallene Oxyd wieder aufzulösen. Eisenvitriol an der Luft.

Versuch b. 1 Loth Eisenvitriol wird mit 3 Loth Wasser und 1 Quentchen Schwefelsäure in einem Porcellanschälchen bis zum Kochen erhitzt und zu der Lösung so lange tropfenweis Salpetersäure zugesetzt, bis die entstandene tintenartige Flüssigkeit eine helle, gelbe Farbe angenommen hat; sie enthält jetzt schwefelsaures Eisenoxyd ($Fe_2O_3$, $3\,SO_3$) aufgelöst, das man aufbewahrt. Der Sauerstoff der Salpetersäure bewirkt hier das rasch, was bei dem vorigen Versuche durch den Sauerstoff der Luft langsam erreicht wurde, nämlich die Umwandlung des Eisenoxyduls in Oxyd. Der Salpetersäure werden dabei 3 At. Sauerstoff entzogen; es entsteht Eisenvitriol und Salpetersäure.

Eisenvitriol und Salpetersäure.

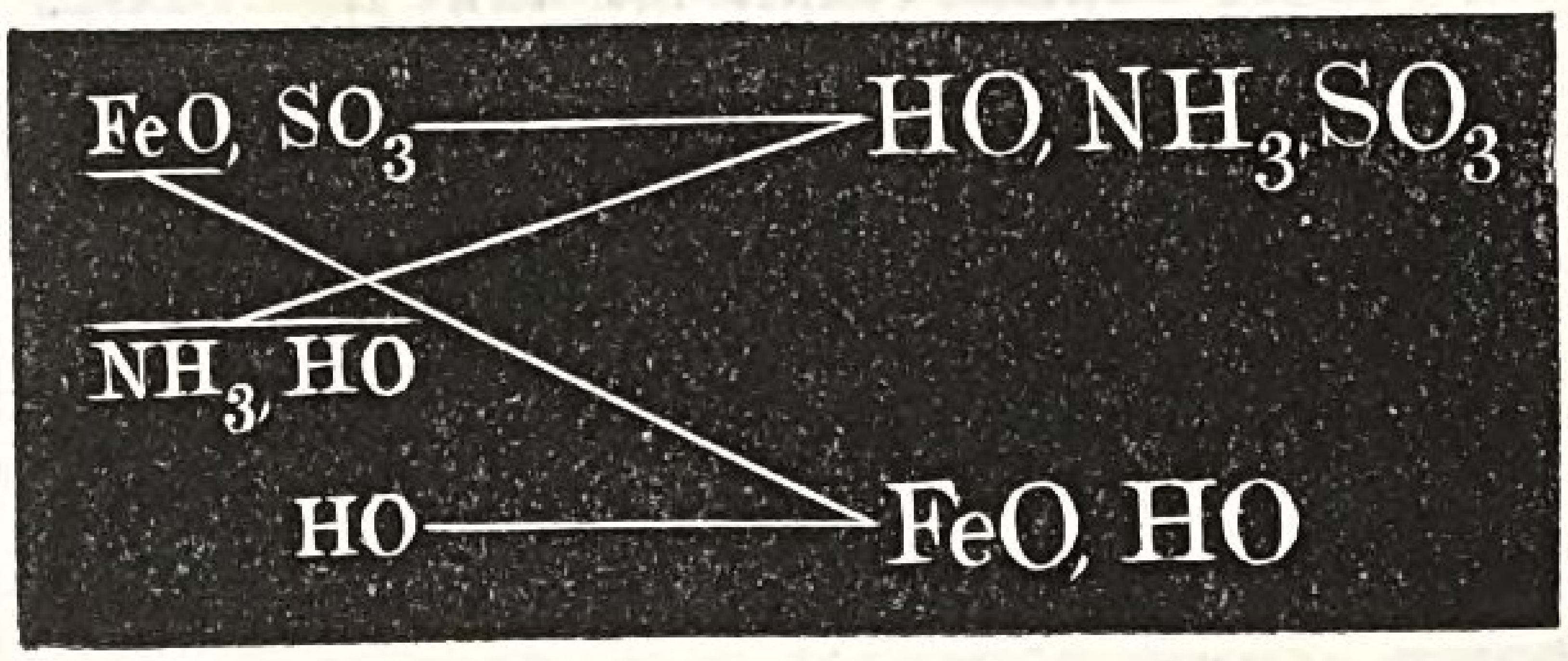
aus ihr sonach Stickstoffoxyd (162.), welches die Eigenschaft hat, sich in einer Eisenvitriollösung mit schwarzer Farbe aufzulösen. Beim Kochen entweicht das Stickstoffoxyd und wird an der Luft zu salpetriger Säure, wie man an den gelben Dämpfen bemerkt, die während der Oxydation aus dem Gefäße emporsteigen.

Hydrate der Eisenoxyde.

Versuch c. Man bereite sich 1) eine verdünnte Lösung von Eisenvitriol, 2) eine Mischung aus schwefelsaurer Oxydlösung und Wasser (siehe den vorigen Versuch), und 3) eine Mischung von 1 und 2, und gieße dann zu jeder der drei Flüssigkeiten so lange Salmiakgeist, bis sie deutlich nach Ammoniak riechen. Der Erfolg wird sein: Es entsteht in der

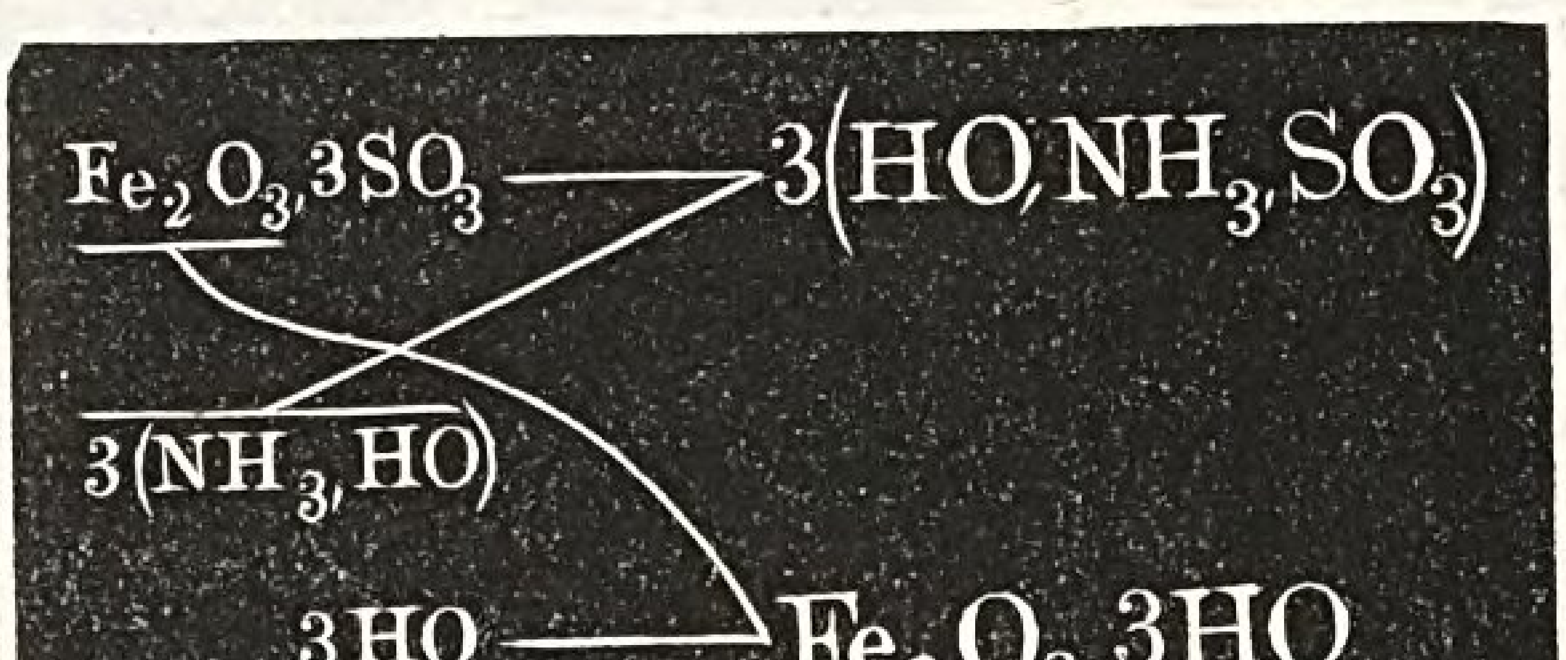
| 1. | 2. | 3. |
|---|---|---|
| Eisenoxydul-lösung | Eisenoxyd-lösung | Eisenoxydul-oxydlösung |
| ein weißgrünlicher Niederschlag von Eisenoxydulhydrat; | ein braungelber Niederschlag von Eisenoxyd-hydrat; | ein schwarzer Niederschlag von Eisenoxydul-oxydhydrat. |

Das Ammoniak ist eine stärkere Basis als das Eisenoxydul oder Eisenoxyd, es entzieht deshalb den letzteren ihre Schwefelsäure und die Oxyde müssen niederfallen, da sie, wie fast alle Metalloxyde, im Wasser unlöslich sind. Treffen die




löslich.

nicht löslich.




löslich.

nicht löslich.

Metalloxyde in dem Augenblicke, wo sie aus einer Verbindung ausgeschieden werden, mit Wasser zusammen, so verbinden sie sich gern mit demselben zu **Hydraten**. Hierin liegt der Grund, warum die auf nassem Wege dargestellten Metalloxyde oft eine ganz andere Farbe haben als die auf trocknem Wege (durch Glühen) gewonnenen. Erhitzt man die Hydrate, so geht das Wasser fort und die Oxyde erscheinen nun in ihrer eigenthümlichen Farbe. Recht deutlich kann man diese Farbenumwandlung an den bekannten Mauerziegeln sehen; ungebrannt, als sogenannte Lehmziegel, haben diese eine gelbe Farbe, die von Eisenoxydhydrat herrührt; gebrannt sind sie roth, weil in der Hitze das Hydratwasser ausgetrieben wird und dadurch Eisenoxyd entsteht, welches eine rothe Farbe besitzt. Hydrate der Eisenoxyde.

Filtrirt man die oben erhaltenen Niederschläge ab, so bemerkt man bei dem ersten, dem Eisenoxydulhydrat, bald eine auffallende Veränderung, er wird nämlich dunkelgrün, dann schwarz (Eisenoxyduloxydhydrat), endlich braun (Eisenoxydhydrat), indem er Sauerstoff absorbirt. Es ist, wie schon erwähnt, eine der wichtigsten Eigenschaften des Eisenoxyduls, daß es sich mit großer Begierde noch mit mehr **Sauerstoff verbindet**, eine Eigenschaft, die es, wie wir gesehen haben, auch den Salzen, in denen es enthalten ist, mittheilt. Affinität des Eisenoxyduls zum Sauerstoff.

Aehnlich verhält sich der schwarze Niederschlag von Eisenoxyduloxyd. Kocht man denselben aber, ehe man ihn filtrirt, mit der Flüssigkeit auf, so behält er seine schwarze Farbe beim Trocknen. In diesem Zustande wird er unter dem Namen **schwarzes Eisenoxydul** als Arzneimittel gebraucht.

Versuch d. Uebergießt man einen zerklopften **Gallapfel** mit Branntwein, so erhält der letztere nach einigen Tagen eine braungelbe Farbe und einen sehr zusammenziehenden Geschmack. In der Flüssigkeit — man nennt sie Galläpfeltinctur — sind, außer mehren anderen Stoffen, zwei organische Säuren, Gerbsäure oder Gerbstoff und Gallussäure, aufgelöst. Von dieser Tinctur gieße man etwas zu einer Lösung von Eisenvitriol, wie gleichfalls zu einer Mischung aus Wasser und schwefelsaurem Eisenoxyd: in der erstern wird sich ein hell- Eisenvitriol und Gerbstoff

Eisenvitriol und Gerbstoff. farbiger Niederschlag bilden, der bald eine violette, endlich eine schwarze Farbe annimmt; in der zweiten Flüssigkeit dagegen wird sogleich eine schwarze Färbung und bei ruhigem Stehen ein schwarzer Niederschlag entstehen. Dieser schwarze Niederschlag ist der Hauptsache nach gerbsaures und gallussaures Eisenoxyd. Setzt man Gummi oder Zucker hinzu, wodurch eine schleimige Flüssigkeit gebildet wird, aus der sich das gallus- und gerbsaure Eisenoxyd nur äußerst langsam zu Boden senkt, so hat man gewöhnliche Tinte. Tinte. Die Verbindung des Eisenoxyduls mit der Gerbsäure und Gallussäure ist nicht schwarz, sie wird es aber beim Stehen an der Luft, weil sich dann das Oxydul in Oxyd verwandelt. Hieraus erklärt sich die blasse Farbe der frischen Tinte und das Nachdunkeln derselben auf dem Papiere. Taucht man ein Leinwandläppchen erst in Schwarzfärben. Galläpfeltinctur und dann in Eisenlösung, so bildet sich der schwarze Niederschlag in der Faser selbst und haftet dann so fest, daß er nicht wieder ausgewaschen werden kann. Auf diese Weise färbt man allgemein Zeuge, Leder, Haare 2c. schwarz oder grau, und deswegen haben die Eisensalze, und zwar vorzüglich der Eisenvitriol, eine so große Anwendung in der Färberei und Druckerei gefunden.

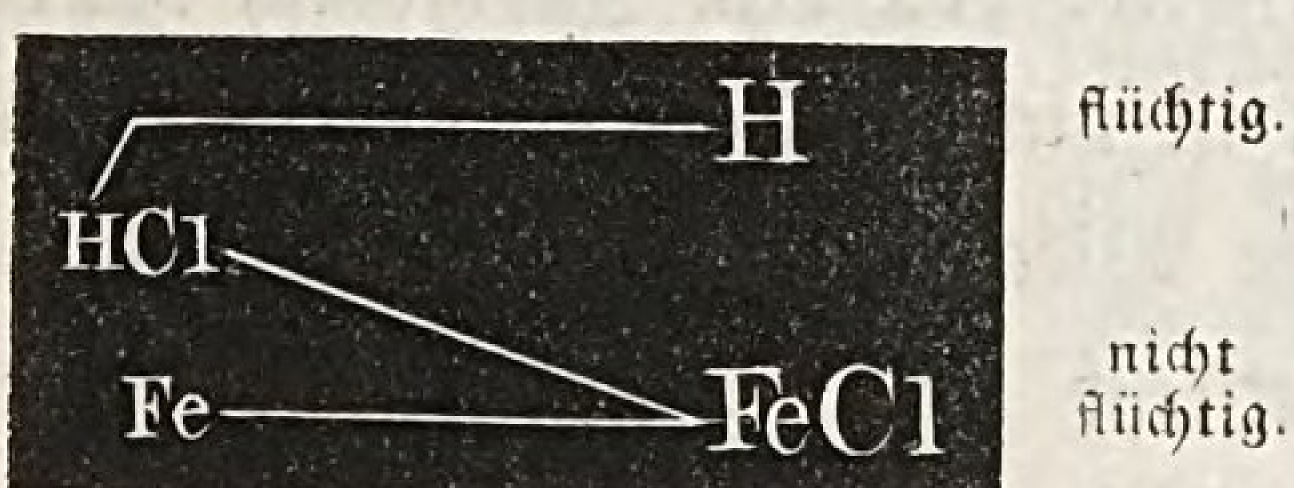
Eisen und Salpetersäure. 286. Salpetersaures Eisenoxyd ($Fe_2O_3$, $3NO_5$) wird erhalten, wenn man so lange Eisenfeilspähne in verdünntes Scheidewasser wirft, als sie aufgelöst werden. In der Salpetersäure trifft das Eisen einen reichlichen Vorrath von Sauerstoff an, es hat also Gelegenheit, so viel davon zu verzehren, als ihm beliebt; es nimmt hiebei die größte Menge auf, die es binden kann, es wird zu Oxyd. Die braune Auflösung wird unter dem Namen Eisenbeize in der Färberei benutzt. Tröpfelt man einen Tropfen Scheidewasser auf Gußeisen, Stahl und Stabeisen, so entstehen schwarze Flecken, weil das Eisen, nicht aber der Kohlenstoff, sich auflöst; beim Gußeisen ist der Fleck am dunkelsten, beim Stabeisen am hellsten. Um ungefähr zu ermitteln, wie viel eine Eisensorte Kohlenstoff enthalte, braucht man daher nur eine gewogene Menge davon in verdünnter Salpetersäure zu lösen und die zurückbleibende Kohle zu wiegen

287. Essigsaures Eisenoxyd kann direct durch Auflösen von frisch niedergeschlagenem, noch feuchtem Eisenoxydhydrat in Essigsäure erhalten werden. Mit Weingeist und Aether versetzt, entsteht daraus die als Arzneimittel wichtige Klaproth'sche Eisentinctur. Wenn der Schuhmacher Bier auf eiserne Nägel gießt, um sich die Eisenschwärze, mit der er sein Leder schwarz macht, zu bereiten, so bekommt er auch essigsaures Eisenoxyd, denn das Bier wird an der Luft zu Essig, das Eisen zu Oxyd. Das Leder ist eine Verbindung der Haut mit Gerbsäure; trifft die letztere mit Eisenoxyd zusammen, so muß sich schwarzes gerbsaures Eisenoxyd (Tinte) bilden. Für die Färberei stellt man sich jetzt sehr häufig eine Eisenbeize durch Auflösen von gerostetem Eisen in Holzessig dar (holzessigsaures Eisen). Eisen und Essigsäure.

288. Phosphorsaures Eisenoxydul bereitet man sich durch Vermischung einer Eisenvitriollösung mit einer Lösung von phosphorsaurem Natron; der weiße Niederschlag wird durch Anziehen von Sauerstoff nach und nach blau (phosphorsaures Eisenoxyduloxyd, Eisenblau, blaue Erde). Phosphorsaures Eisenoxyd ist weiß und kommt in vielen Pflanzenaschen vor. Phosphors. Eisenoxydul und Oxyd.

## Eisen und Chlor.

289. Eisenchlorür ($FeCl$), ein grünes Salz, entsteht, wenn man Eisen in Salzsäure auflöst, während der Wasserstoff der Salzsäure in Gasform entweicht; Eisenchlorid ($Fe_2Cl_3$), ein braunes Salz, durch Auflösen von Eisenoxyd oder Eisenoxydhydrat in Salzsäure, oder aber durch Zusatz von Chlorwasser zu Eisenchlorür (186.). Das Eisenchlorür heißt auch salzsaures Eisenoxydul, das Eisenchlorid salzsaures Eisenoxyd. Eisen und Salzsäure.




## Eisen und Cyan.

Wie Chlor sich mit Eisen verbindet, so kann auch das Cyan Verbindungen mit dem Eisen eingehen. Zwei derselben, das Berlinerblau und das gelbe blausaure Eisenkali, haben eine sehr große technische Wichtigkeit erlangt. Eisen und Cyan.

### 290. Berlinerblau oder Eisencyanürcyanid ($3\,FeCy,\ 2\,Fe_2Cy_3$).

Berliner- oder Pariserblau.

Schüttelt man Eisenoxydduloxyd mit Blausäure, so wird der schwarze Niederschlag blau; man nennt diese unlösliche blaue Verbindung **Pariserblau**, oder, wenn sie mit weißen Körpern, z. B. Thonerde, Thon, Stärke 2c. vermischt ist, **Berliner-** oder **Mineralblau**. Um sich die Zusammensetzung derselben leicht einzuprägen, kann man sie sich als blausauren Hammerschlag oder blausaures Eisenoxydduloxyd vorstellen. In der Wirklichkeit aber besteht sie aus Eisencyanür + Eisencyanid, da bei der Vereinigung einer Wasserstoffsäure mit einem Metalloxyde immer ein Haloidsalz + Wasser entsteht (187.). Beide Betrachtungsweisen stehen in dem besten Einklange mit einander,

denn blausaures Eisenoxydul ist so viel als Eisencyanür + Wasser,

$$(FeO + HCy = FeCy + HO)$$

und blausaures Eisenoxyd ist so viel als Eisencyanid + Wasser,

$$(Fe_2O_3 + 3\,HCy = Fe_2Cy_3 + 3\,HO).$$

Das Berlinerblau ist wegen seiner herrlichen Farbe nicht nur eine wichtige Anstrichfarbe (Deckfarbe) für Holz, Papier 2c. geworden, sondern es gehört auch jetzt zu den wichtigsten Pigmenten, um damit Tuch, Kattun, Seide 2c. blau zu färben. Die damit dargestellte Farbe wird in den Färbereien, zum Unterschiede von dem Indigblau, **Kaliblau** genannt. Das Berlinerblau ist nicht giftig, obwohl es Blausäure oder Cyan enthält. Aehnliche Widersprüche finden sich oft bei chemischen Verbindungen; bald entsteht aus unschädlichen Körpern eine giftige Verbindung, bald aus giftigen Körpern eine unschädliche. Man kann also aus den Bestandtheilen eines Körpers allein nicht immer einen Schluß auf seine medicinische Wirkung machen.

Berlinerblau u. Oxalsäure.

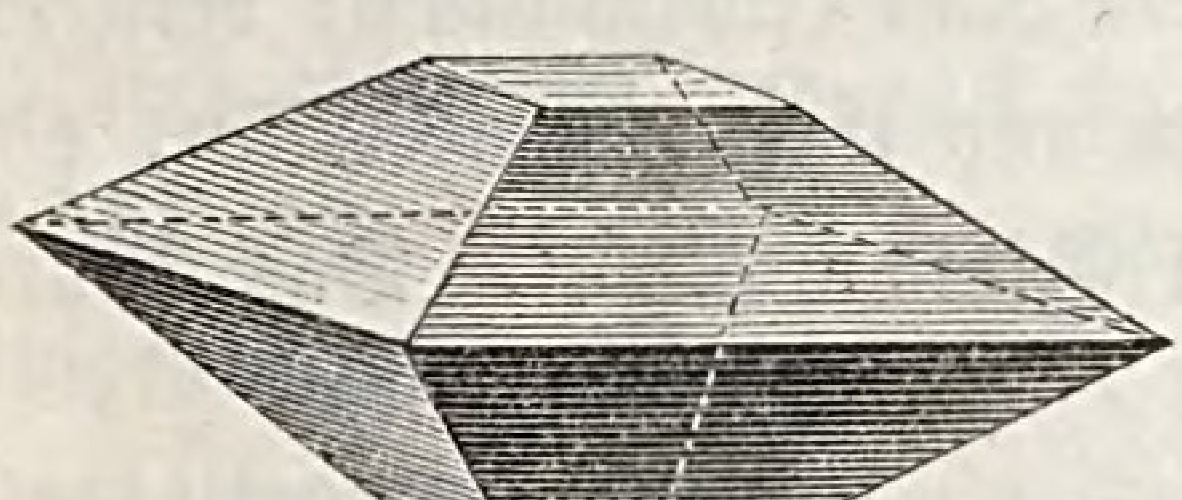
**Versuch.** Man reibe 1 Quentchen **Pariserblau** (reines Berlinerblau) und ¼ Quentchen **Oxalsäure** mit Wasser zusammen: die in Wasser unlösliche Farbe wird durch die Oxalsäure löslich gemacht und man erhält eine blaue Flüssigkeit, die, mit etwas Gummi arabicum verdickt, als blaue Tinte benutzt werden kann.

Versuch. Erhitzt man ein Stückchen Berlinerblau auf Kohle durch die Löthrohrflamme, so erzeugt sich ein brenzlicher Geruch, das Cyan verbrennt (aus $C_2N$ wird durch den Sauerstoff der Luft $2\,CO_2$ und N) und man behält endlich nur einen braunrothen Rückstand von Eisenoxyd. Die meisten Verbindungen des Cyans werden auf ähnliche Weise durch Glühen zerlegt. Berlinerblau in der Hitze.

291. Gelbes Blutlaugensalz, Kaliumeisencyanür oder blausaures Eisenoxydulkali ($2KCy, FeCy + 3HO$).

Versuch. 1 Loth feingeriebenes Berlinerblau wird mit 6 Loth Wasser bis zum Kochen erhitzt und zu der Mischung während des Kochens nach und nach so viel Aetzkali zugegeben, bis die blaue Farbe verschwunden ist. Man erhält eine trübe, braungelbe Flüssigkeit, die man durch Filtration klärt. Der auf dem Filtrum bleibende Schlamm ist Eisenoxydhydrat, welches durch das stärkere Kali aus dem Berlinerblau ausgeschieden wurde. Aus der gelblichen, klaren Flüssigkeit setzen sich beim Erkalten gelbe, tafelförmige Krystalle (abgestumpfte Quadratoctaëder) ab, die im gewöhnlichen Leben gelbes blausaures Kali, in der wissenschaftlichen Sprache Kaliumeisencyanür genannt werden. Dieses Doppelsalz hat sich auf folgende Weise gebildet: Blutlaugensalz.

Fig. 146.



| | |
|---|---|
| Berlinerblau: | Eisen mit mehr Cyan + Eisen mit weniger Cyan, |
| Kali: | Sauerstoff und Kalium, |
| Wasser: | Wasser, |
| Producte: | Eisenoxydhydrat, Cyankalium + Eisencyanür, |
| | (unlöslich) (löslich) |

Das Kalium des Kali's tritt, wie man sieht, an die Stelle des Eisens in dem Eisencyanid und bildet Cyankalium, welches mit dem unzersetzt gebliebenen Eisencyanür ein Doppelsalz bildet. Der Sauerstoff des Kali's geht an das in Freiheit gesetzte Eisen und verwandelt es in Eisenoxyd. Hienach haben wir in dem gelben Salze Kalium

Blutlaugensalz. und Eisen, beide mit Cyan vereinigt. Bei Anwesenheit von Wasser kann man das Cyankalium auch als blausaures Kali, das Eisencyanür aber als blausaures Eisenoxydul, das ganze Salz also als eine Verbindung von Kali und Eisenoxydul mit Blausäure ansehen. Ist dem also, dann muß aus demselben durch eine stärkere Säure die Blausäure ausgetrieben werden können; dies geschieht in der That, denn man bereitet sich die Blausäure gewöhnlich aus diesem Salze, indem man dasselbe mit Schwefelsäure oder Phosphorsäure und etwas Wasser übergießt und destillirt.

Bereitung aus Blut. Kocht man Blut und Kalilauge bis zur Trockne ein und glüht die übrig gebliebene Masse, so erhält man aus der letzteren durch Ausziehen mit Wasser gleichfalls eine Auflösung von Kaliumeisencyanür. So gewann man dieses Salz früher, und daher kommt der Name **Blutlaugensalz** für dasselbe. Dieser Name verdient den Vorzug vor den übrigen, weil er nicht so leicht zu Verwechselungen Veranlassung geben kann, wie die Benennungen blausaures Kali und Cyaneisenkalium; denn unter blausaurem Kali (Cyankalium) versteht man auch eine Verbindung aus Kalium und Cyan, ohne Eisen, die weiß aussieht und zu den **heftigsten Giften** gehört. Das Blutlaugensalz ist **nicht giftig**.

Bereitung im Großen. Aehnlich, wie oben angegeben, bereitet man das Blutlaugensalz im Großen. Man verkohlt Blut, Hornspähne, Leder oder andere thierische Abfälle, (am besten durch trockne Destillation, um Ammoniak als Nebenproduct zu gewinnen. 228.), mengt dann die erhaltene Kohle mit Pottasche und Eisen, und erhitzt das Gemenge in Flammenöfen bis zum Schmelzen. In der Thierkohle ist noch Stickstoff enthalten, der beim Glühen mit einer starken Basis sich mit Kohlenstoff zu Cyan vereinigt, welches letztere dann mit dem ebenfalls durch die Kohle reducirten Kalium der Pottasche zu Cyankalium zusammentritt. Beim Auflösen der geschmolzenen Masse (Schmelze) in Wasser giebt ein Theil dieses Salzes sein Cyan an Eisen ab, wodurch Blutlaugensalz (und Aetzkali) entsteht, welches nach hinlänglichem Abdampfen aus der Flüssigkeit herauskrystallisirt. In neuester Zeit ist es gelungen, den

Stickstoff der Luft zur Cyanbildung zu benutzen, wodurch die thierischen Stoffe zur Bereitung von Blutlaugensalz ganz entbehrlich werden würden.

292. Versuche mit Blutlaugensalz.

Versuch a. Man vermische eine Lösung von Blutlaugensalz mit schwefelsaurem Eisenoxyd: es entsteht ein tiefblauer Niederschlag von Berlinerblau; denn aus *Blutlaugensalz und Eisenoxydsalze.*

Blutlaugensalz: Eisencyanür + Cyankalium, und
Schwefels. Eisenoxyd: — — Eisen, Sauerstoff u. Schwefelsäure,

entsteht: Eisencyanür + Eisencyanid und schwefels. Kali.
(unlöslich) (löslich)

Versuch b. Man vermische eine Lösung von Blutlaugensalz mit einer Eisenvitriollösung: es entsteht ein hellblauer Niederschlag (blausaures Eisenoxydul oder Eisencyanür). Die Hälfte der Flüssigkeit wird hingestellt und öfters umgerührt: die helle Farbe des Niederschlages geht nach und nach in eine dunkelblaue über. Schneller geschieht dies, wenn man die andere Hälfte noch einmal erhitzt und mit einigen Tropfen Salpetersäure versetzt. In beiden Fällen tritt eine Oxydation ein, wodurch ein Theil des Oxyduls in Oxyd übergeht, so daß blausaures Eisenoxyduloxyd oder Eisencyanürcyanid entsteht. Beide hier angegebenen Methoden werden angewendet, um Berlinerblau im Großen darzustellen. In der Zeugfärberei tränkt (beizt) man die Waare erst mit der Eisenlösung und zieht sie dann durch eine heiße und ein wenig angesäuerte Auflösung von Blutlaugensalz. *Blutlaugensalz und Eisenoxydulsalze.*

Versuch c. Zu einer sehr verdünnten Lösung von Kupfervitriol tröpfle man aufgelöstes Blutlaugensalz: man erhält einen kupferrothen Niederschlag von Kupfereisencyanür. Das Kupfer giebt den Sauerstoff und die Schwefelsäure, womit es im Kupfervitriol verbunden ist, an das Kalium des Blutlaugensalzes ab; das auf diese Weise gebildete schwefelsaure Kali bleibt in der Flüssigkeit gelöst. Dies ist die genaueste Probe, um die Gegenwart von Kupfer in einer Flüs- *Blutlaugensalz und Kupfersalze.*

sigkeit zu entdecken. Die meisten basischen Elemente gehen, wie hier das Kupfer, mit dem Eisencyanür Doppelverbindungen ein.

**Stahl durch Blutlaugensalz.** **Versuch** d. Wird ein Stückchen glühendes Eisenblech mit gestoßenem Blutlaugensalz bestreut und nachher in Wasser abgelöscht, so erlangt es eine so große Härte, daß es sich nicht mehr feilen läßt; es bildet sich nämlich durch den Kohlenstoff des Cyans eine Stahlkruste auf dem Eisen. Diese einfache Verstählungsmethode ist besonders geeignet, um den eisernen Ackergeräthschaften eine größere Härte und Dauer zu geben.

**Rothes Blutlaugensalz.** 293. Rothes Blutlaugensalz oder Kaliumeisencyanid ($3\,KCy,\ Fe_2Cy_3$) unterscheidet sich von dem gelben dadurch, daß es, statt des Eisencyanürs, Eisencyanid enthält. Es giebt mit den Eisenoxydulsalzen einen tiefblauen Niederschlag (mit den Eisenoxydsalzen gar keinen) und wird daher, außer zum Blaufärben (bleu français), auch als Reagens auf Eisenoxydulsalze und zum Unterscheiden dieser von den Eisenoxydsalzen gebraucht.

In gegentheiliger Weise wirkt das Schwefelcyankalium (Rhodankalium), das empfindlichste Reagens auf Eisenoxydsalze, welche dadurch intensiv blutroth gefärbt werden, während Eisenoxydulsalze keine sichtliche Veränderung erfahren. Man bereitet diese Cyanverbindung durch Zusammenschmelzen von Blutlaugensalz, Schwefel und kohlensaurem Kali.

## Eisen und Schwefel.

**Einfach Schwefeleisen.** 294. **Versuch.** Einfach Schwefeleisen ($FeS$). Man tröpfle zu einer schwach angesäuerten Lösung von Eisenvitriol Schwefelwasserstoffwasser: es entsteht kein Niederschlag; wohl aber erhält man eine tiefschwarze Fällung durch Schwefelwasserstoffammoniak; dieser Niederschlag ist einfach Schwefeleisen.

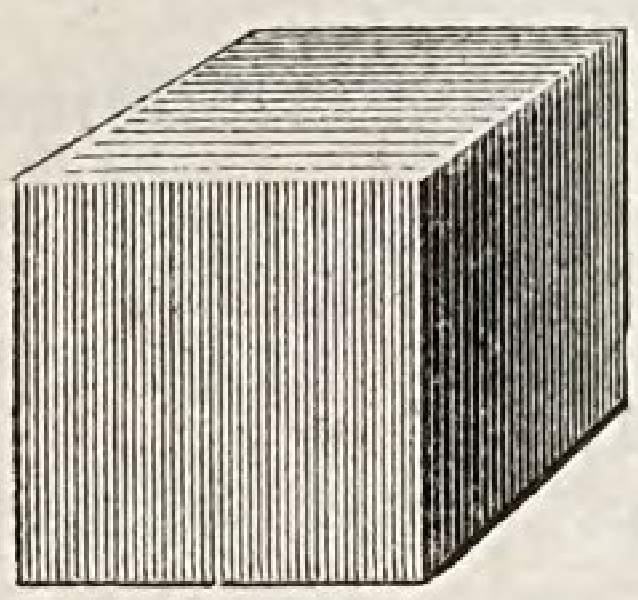
**Anderthalb Schwefeleisen.** 295. **Versuch.** Anderthalb Schwefeleisen. 20 Gran Schwefel und 30 Gran Eisenpulver werden genau gemischt und auf Kohle an einer Stelle durch das Löthrohr erhitzt: es entsteht ein lebhaftes Erglühen des Gemisches, das sich schnell über die ganze Masse verbreitet. Der erhaltene geschmolzene gelbbraune Körper ist $1\frac{1}{2}$ Schwefeleisen.

Von einer anderen Bereitung dieser Verbindung und ihrer Benutzung zur Entwickelung von Schwefelwasserstoffgas ist schon 131. die Rede gewesen. Diese Verbindung kommt auch natürlich vor (Magnetkies). Anderthalb Schwefeleisen.

Versuch. Wird das bei 294. gewonnene einfach Schwefeleisen feucht in einer Tasse einige Wochen an die Luft gestellt, so erzeugen sich auf und in demselben kleine grüne Krystalle von Eisenvitriol, weil sowohl das Eisen als der Schwefel allmälig Sauerstoff aus der Luft anziehen. Aus FeS wird dabei FeO, $SO_3$.

296. Doppel Schwefeleisen ($FeS_2$). Schwefeleisen mit noch einmal so viel Schwefel, als im einfachen, kommt in der Natur in sehr vielen Steinen, unter anderen auch häufig in den Steinkohlen eingesprengt vor, und heißt Schwefelkies oder zweifach Schwefeleisen. Doppel-Schwefeleisen.

Fig. 147.



Es hat ganz das Ansehen von Messing und bildet meist würfelförmige Krystalle. Erhitzt man es in einer Retorte, so destillirt die Hälfte Schwefel über und schwarzes einfach Schwefeleisen bleibt zurück; man kann also Schwefel daraus gewinnen. Aus dem Rückstande bereitet man in den Vitriolwerken Eisenvitriol, indem man ihn in Haufen aufschichtet und mehre Monate lang an der Luft liegen läßt. Der gebildete Eisenvitriol wird durch Ausziehen der verwitterten Masse mit Wasser und durch Einkochen der erhaltenen Lösung gewonnen.

Die Eisensalze lassen sich durch ihr Verhalten vor dem Löthrohre, wie gegen Ammoniak, Galläpfeltinctur, Schwefelwasserstoffammoniak und Blutlaugensalz sehr leicht erkennen und von anderen Metallsalzen unterscheiden. Reagentien auf Eisen.

## Systematische Zusammenstellung der Eisenverbindungen.

Eisen.

Kohleneisen.

a) Stabeisen (Eisen + ½ % Kohlenstoff),

b) Gußeisen (Eisen + 5 % Kohlenstoff),

c) Stahl, ein Gemenge von beiden.

Schwefeleisen.

a) einfach Schwefeleisen, schwarz,

b) zweifach » , gelb,

c) $1\frac{1}{2}$fach » , braungelb, ein Gemenge von beiden.

Eisenoxyde.

a) Eisenoxydul, schwarz,

Eisenoxydulhydrat, weiß,

b) Eisenoxyd, braunroth,

Eisenoxydhydrat, braungelb,

c) Eisenoxyduloxyd, schwarz, ein Gemenge von beiden.

d) Eisensäure, (nur in Verbindung mit Basen bekannt).

Eisensalze.

a) Sauerstoffsalze.

| Oxydulsalze. (grün) | Oxydsalze. (braun) |
|---|---|
| Schwefels. Eisenoxydul, | Schwefels. Eisenoxyd, |
| Salpeters. » | Salpeters. » |
| Kohlens. » | |
| Essigs. » | Essigs. » |
| Phosphors. » | Phosphors. » |

b) Haloidsalze.

| | |
|---|---|
| Eisenchlorür, | Eisenchlorid, |
| Kaliumeisencyanür (gelb), | Kaliumeisencyanid (roth), |
| Kupfereisencyanür (roth). | Eisencyanürcyanid (blau). |

## Mangan (Mn).

(At.-Gew. = 345 [Braunsteinmetall]. — Specif. Gew. = 8.)

— 1780 von Gahn entdeckt; Braunstein 1774 von Scheele als Metalloxyd erkannt. —

297. Braunstein oder Manganüberoxyd ($MnO_2$).

Braunstein oder Manganüberoxyd.

Mit diesem Erze, welches besonders auf dem Harze und in Thüringen gebrochen wird, sind im Vorigen bereits mehrfache Versuche angestellt worden; wir benutzten es namentlich zur Sauerstoff- und

zur Chlorbereitung. Es ist eine der wenigen Sauerstoffverbindungen, die man Ueberoxyde oder Superoxyde nennt, weil sie gleichsam überflüssigen Sauerstoff enthalten, den sie beim Glühen und beim Erhitzen mit Schwefelsäure entweichen lassen. 100 Loth Braunstein, welche 36 Loth Sauerstoff (2 Atom) enthalten, geben bei gelindem Glühen 9 Loth (½ Atom), bei heftigem Glühen 12 Loth (⅔ Atom), beim Erhitzen mit Schwefelsäure 18 Loth (1 Atom) Sauerstoff ab. Der Chemiker hat deshalb in dem Braunstein ein treffliches Mittel, um andere Körper mit Sauerstoff zu verbinden, wie wir bei der Chlorbereitung gesehen haben, wo der Sauerstoff des Braunsteins den Wasserstoff der Salzsäure zu Wasser oxydirte und dadurch das Chlor der letzteren in Freiheit setzte.

Braunstein oder Manganüberoxyd.

Oxydation durch Manganüberoxyd.

Die Glasmacher werfen oft Braunstein in's geschmolzene Glas, um aus dem schwarzen oder dunkelgrünen Bouteillenglase gelbes oder orangefarbenes zu machen, welches man lieber hat als das dunkle. Auch hiebei wird durch den Braunstein muthmaßlich eine Oxydation bewirkt. Was die Glasmasse dunkel färbt, ist Eisenoxydul; dieses erhält Sauerstoff vom Braunstein und wird zu Eisenoxyd; Eisenoxyd aber färbt die Glasflüsse gelb oder braun. Wegen dieser Wirkung, die indeß auch in einer »Farbenergänzung« ihren Grund haben kann, nennen die Glasbläser den Braunstein Glasmacherseife. Kleine Mengen davon, zu weißem Glase gesetzt, geben diesem eine violette Farbe; auf diese Art bereitet man sich künstliche Amethyste.

Glasmacherseife.

**Versuch.** Man menge 1 Quentchen Bleiglätte, 1 Quentchen Lehm und ¼ Quentchen feingeriebenen Braunstein mit Wasser, so daß daraus ein dünner Brei entsteht, mit dem man ein Dachziegelstück begießt. Legt man das letztere zwischen glühende Kohlen, oder erhitzt es an einer Stelle stark mit der Löthrohrflamme, so schmilzt die Masse und bildet nach dem Erkalten einen glänzenden, schwarzen, bei weniger Braunstein einen braunen Ueberzug. So stellen sich die Töpfer ihre braune und schwarze Glasur dar und hierin ist der Grund zu suchen, weshalb man dem Manganüberoxyd den Namen Braunstein gegeben hat.

Braunsteinglasur.

Manganmetall; Mn.

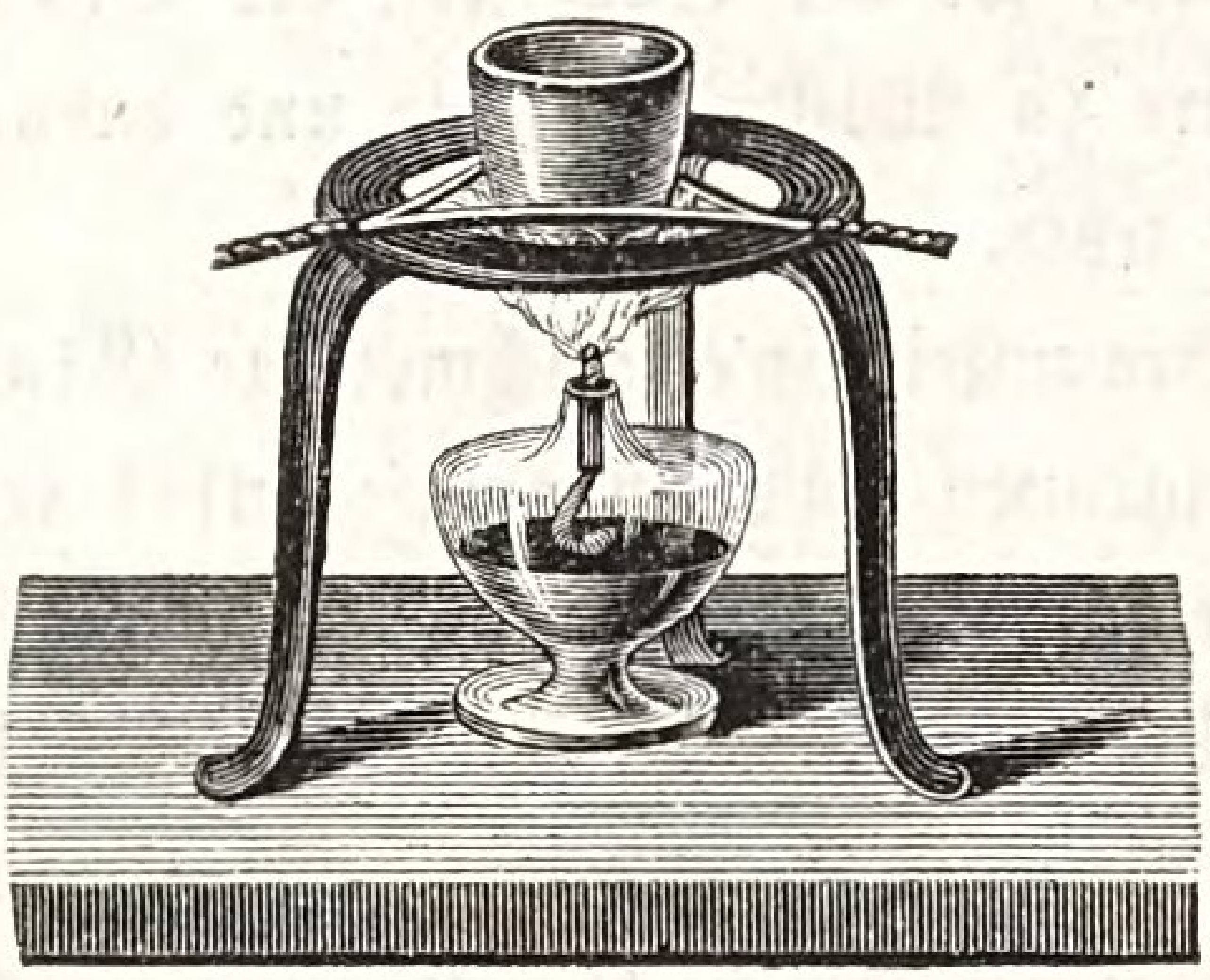
298. **Manganmetall** (Mn). Durch heftiges Erhitzen des Braunsteins mit Kohle kann man demselben allen Sauerstoff wegnehmen, und man erhält dann ein grauweißes, sprödes Metall (Mn), das noch schwerer als Eisen zum Schmelzen zu bringen ist.

## Weitere Manganverbindungen.

Schwefelsaures Manganoxydul.

299. **Versuch.** Man mengt in einem Porzellantiegel ½ Loth feingeriebenen **Braunstein** mit ¼ Loth **Schwefelsäure** und erhitzt das Gemenge erst ¼ Stunde gelind, dann eine Stunde stark. Nach dem Erkalten kocht man die schwarze Masse mit Wasser aus und dampft die Auflösung, zuletzt unter stetem Umrühren, zur Trockne ein: das röthlich-weiße Pulver ist **schwefelsaures Manganoxydul** ($MnO, SO_3$). Die Hälfte von dem Sauerstoff ist in der Hitze entwichen und Manganoxydul (MnO) übrig geblieben, welches, da es eine Salzbasis ist, sich mit der Schwefelsäure vereinigt. Auf ähnliche Weise bildete sich **salzsaures**

Fig. 148.



Manganchlorür.

**Manganoxydul** oder Manganchlorür (MnCl) bei der Bereitung von Chlor (150.) und blieb, durch Chloreisen gelb gefärbt, in dem Kochfläschchen zurück. Die meisten Manganoxydulsalze haben eine schwachröthliche Farbe.

300. Ein Theil des **schwefelsauren Manganoxyduls** wird in Wasser gelöst und zu folgenden drei Versuchen verwendet:

Versuch a. An die Luft gestellt färbt sich die Lösung dunkelbraun und läßt mit der Zeit ein ebenso gefärbtes Pulver fallen. Der Vorgang hiebei ist genau derselbe wie bei einer Auflösung von schwefelsaurem Eisenoxydul. Das **Manganoxydulhydrat** zieht nämlich Sauerstoff aus der Luft an und wird zu Manganoxydhydrat, von

dem sich ein Theil ausscheidet, weil die vorhandene Säure nicht hinreicht, um alles Oxyd aufgelöst zu erhalten.

Versuch b. Zu einem anderen Theile der Lösung wird Salmiakgeist oder Kalilauge gegossen: die stärkeren Basen bemächtigen sich der Schwefelsäure und Manganoxydulhydrat ($MnO + HO$) wird als ein weißer Niederschlag ausgeschieden. Beim Abfiltriren und Trocknen verwandelt sich dieses in dunkelbraunes Manganoxydhydrat ($Mn_2O_3 + 3HO$), ganz so wie das Eisenoxydulhydrat. Taucht man ein Läppchen in die Manganlösung und zieht es, nachdem es trocken geworden, durch Kalilauge, so bleibt der Niederschlag in der Faser festhaften und man erhält beim Aushängen an die Luft ein schönes Dunkelbraun. In der Färberei nennt man dieses Braun Manganbister. Manganoxydul und Oxyd.

Versuch c. Den dritten Theil der Lösung versetzt man mit Schwefelwasserstoffwasser: es erfolgt keine Veränderung; diese tritt aber sofort ein, wenn man Salmiakgeist hinzutröpfelt; es bildet sich dann ein blaßrother Niederschlag, der aus Manganmetall und Schwefel besteht ($MnS$). Auf diese Weise läßt sich das Mangan in seinen Auflösungen erkennen, denn das Mangan ist das einzige Metall, welches mit Schwefel ein Schwefelmetall von röthlicher Farbe giebt. Auch hiebei sieht man wieder, wie durch doppelte Wahlverwandtschaft eine Zersetzung bewirkt werden kann, die durch die einfache Wahlverwandtschaft nicht zu bewerkstelligen ist. Schwefelmangan.

301. Mangansäuren. Charakteristisch für das Mangan ist noch, daß es sich sogar mit noch mehr Sauerstoff verbinden kann, als es in dem Ueberoxyde bereits enthält.

Versuch. Man reibt in einem Mörser 1 Quentchen Braunstein mit 1 Quentchen Aetzkali innig zusammen, schüttet das Gemenge in einen Porzellantiegel und erhitzt es ½ Stunde stark. Nach dem Erkalten gießt man Wasser auf die schwarze Masse: man wird eine grüne Auflösung erhalten, die durch Absetzen in einem Probirgläschen geklärt wird. Das Grünfärbende darin ist ein Salz, welches Mangansäure.

Mangansäure. den Namen mangansaures Kali oder mineralisches Chamäleon erhalten hat. Durch das Glühen mit Kali wird der Braunstein disponirt, noch 1 At. Sauerstoff aus der Luft aufzunehmen; aus $MnO_2$ wird $MnO_3$, und diese Verbindung verhält sich wie eine Säure, d. h. sie verbindet sich mit der vorhandenen Basis zu einem Salze ($KO, MnO_3$).

Uebermangansäure. **Versuch.** Die Hälfte der gewonnenen grünen Lösung wird in ein Weinglas gegossen, mit etwas Wasser verdünnt und ruhig stehen gelassen: die grüne Farbe wird nach und nach in Violett und endlich in Purpurroth übergehen, während sich am Boden des Glases ein braunes Pulver (Manganüberoxyd) ablagert. Diese, wie es scheint freiwillige Veränderung wird durch die Kohlensäure der Luft veranlaßt, die zu einem Theile des Kali's tritt und die Mangansäure verdrängt. So wie aber der Mangansäure ($MnO_3$) ihre Basis entzogen wird, zerfällt sie sogleich in zwei Hälften, von denen die eine weniger Sauerstoff enthält (Manganüberoxyd = $MnO_2$), die andere hingegen mehr (Uebermangansäure = $M_2O_7$); aus $3 MnO_3$ werden $MnO_2$ und $Mn_2O_7$. Die Uebermangansäure bleibt mit einem Theile des Kali's verbunden mit rother Farbe aufgelöst.

**Versuch.** Zu dem anderen Theile der grünen Lösung tröpfle man einige Tropfen Schwefelsäure: die Umwandlung des Grüns in Roth, d. h. die Umwandlung des mangansauren Kali's in übermangansaures, erfolgt hier augenblicklich.

Was diese beiden Säuren und ihre Salze bemerkenswerth macht, das ist die Leichtigkeit, mit der sie den Theil ihres Sauerstoffs, der sie zu Säuren stempelt, wieder loslassen. Ein Stückchen Holz oder Papier oder irgend ein anderer organischer Körper, in die grüne oder rothe Lösung geworfen, kann schon eine Zersetzung und Entfärbung derselben hervorbringen; daher dürfen diese Flüssigkeiten auch nicht durch Papier filtrirt werden. Der oben erwähnte Name »mineralisches Chamäleon« für das mangansaure Kali erklärt sich nun wohl von selbst.

302. Bei dem Mangan sehen wir recht augenfällig, welche außerordentliche Mannichfaltigkeit der Verbindungen der Sauerstoff allein mit diesem Metalle erzeugen kann. Mangan und Sauerstoff.

| | | | |
|---|---|---|---|
| 345 Pfd. Mangan | geben mit | 100 Pfd. Sauerstoff | Manganoxydul, |
| oder 1 At. Mn | » » | 1 At. O | $= MnO$; |
| 345 Pfd Mangan | geben mit | 150 Pfd. Sauerstoff | Manganoxyd |
| oder 1 At. Mn | » » | 1½ At. O | $= Mn_2O_3$; |
| 345 Pfd. Mangan | geben mit | 200 Pfd. Sauerstoff | Manganüberoxyd, |
| oder 1 At. Mn | » » | 2 At. O | $= MnO_2$; |
| 345 Pfd. Mangan | geben mit | 300 Pfd. Sauerstoff | Mangansäure |
| oder 1 At. Mn | » » | 3 At. O | $= MnO_3$; |
| 345 Pfd. Mangan | geben mit | 350 Pfd. Sauerstoff | Uebermangansäure, |
| oder 1 At. Mn | » » | 3½ At. O | $= Mn_2O_7$. |

Weiter tritt uns hiebei recht deutlich vor die Augen, wie die Menge des Sauerstoffs es ist, die ein und dasselbe Element bald zu einer Basis, bald zu einer Säure macht. Welche große Armee von Salzen aber, dieser Doppelnatur zufolge, durch das Mangan allein in's Feld gerufen werden kann, davon erhält man eine Idee, wenn man bedenkt, daß es nicht nur mit allen Säuren, als Oxydul und Oxyd, sondern auch mit allen Basen, als Mangansäure und Uebermangansäure, sich zu Salzen zu vereinigen vermag.

## Kobalt (Co) und Nickel (Ni).

(At.-Gew. = 369. Spec. Gew. 8,5. — At.-Gew. = 370. Spec. Gew. 8,8.)

— Kobaltmetall 1733 von Brandt, Nickel 1751 von Cronstedt entdeckt. —

303. Zur Zeit, als der Bergmann in der einsamen Tiefe seines Schachtes noch mit Erdgeistern und Bergmännchen verkehrte, fand man hier und da, besonders in den Bergwerken zu Schneeberg im Erzgebirge, Erze, die glänzend und schwer waren, wie die schönsten Silberstufen, in dem Schmelzofen aber doch kein Silber gaben, sondern unter unangenehmem Knoblauchgeruche zu einer grauen Asche Kobalt und Nickel: Co und Ni.

Kobalt und Nickel; Co und Ni. zerfielen. Dem Glauben der damaligen Zeit gemäß hielt man das Verschwinden des vermeintlichen Silbers beim Ausschmelzen für eine Neckerei schadenfroher Erdgeister und warf diese Erze, die man nach den Namen der letzteren Kobolde und Nickel taufte, verächtlich bei Seite. Jetzt wirft man sie nicht mehr weg, sondern hält sie in hohen Ehren, da man in den Kobold- oder Kobalterzen ein Metall aufgefunden hat, mit dem man Glas und Porzellan auf's Prachtvollste blau färben kann, in den Nickelerzen aber ein Metall, welches dem Messing das Ansehen von Silber verleiht. Der Grund, warum man sonst aus diesen Erzen kein Metall ausschmelzen konnte, liegt einfach in der außerordentlich schweren Schmelzbarkeit des Kobalt- und Nickelmetalles; die Hitze der früheren Schmelzöfen reichte nicht hin, sie in Fluß zu bringen. Der Knoblauchgeruch ist dem Arsenik zuzuschreiben, der die Kobalt- und Nickelerze immer begleitet.

Smalte. 304. **Smalte** oder **Kobaltglas**. Gegenwärtig verarbeitet man die Arsenikkobalt und Arseniknickel enthaltenden Erze (Speiskobalt, Kobaltkies, Kobaltglanz ꝛc.) auf folgende Weise. Die gepochten Erze werden zuerst in einem Flammenofen so lange geröstet, bis das an das Kobalt gebundene Arsenik ausgetrieben und aus dem Kobaltmetall Kobaltoxyd geworden ist; dann mengt man sie mit Sand und Pottasche und bringt das Gemenge in Thonhäfen zum Schmelzen. Es entsteht Glas, und in diesem löst sich das Kobaltoxyd mit **tiefblauer** Farbe auf, nicht aber das Arseniknickel, welches, nebst dem etwa vorhandenen Silber und Wismuth, sich am Boden der Gefäße als eine metallartige, geschmolzene Masse (Kobaltspeise) absetzt. Das geschmolzene blaue Glas wird, um es rissig und spröde zu machen, in kaltes Wasser gegossen und dann auf Mühlen zu einem zarten Pulver zermahlen und geschlämmt. Man nennt solche Fabrikanlagen **Blaufarbenwerke** und benutzt die Fabrikate derselben unter den Namen **Königsblau**, **Smalte** und Eschel als sehr dauerhafte blaue Farben, und zwar nicht nur als Schmelzfarben für Glas-, Porzellan- und Töpferwaaren, sondern auch als Anstrichfarben, sowie zum Bläuen der Wäsche, des Papiers ꝛc.

305. *Argentan oder Neusilber.* Die übrig gebliebene Kobaltspeise wird jetzt allgemein zur Darstellung von *Neusilber* oder *Argentan* benutzt. Man entzieht ihr erst das Arsenik, dann das Wismuth und Silber, und schmilzt endlich das Nickelmetall mit 4- bis 5mal so viel Messing (Kupfer und Zink) zusammen, wodurch man ein Metallgemisch (eine Legirung) von silberweißer Farbe, schönem Glanze und großer Dehnbarkeit erhält. Wie große Anwendung dieses, als ein Surrogat des Silbers, zur Anfertigung von Speisegeräthen und Luxusgegenständen aller Art gefunden hat, ist bekannt genug. Neusilber.

306. Als *reine Metalle* zeigen *Kobalt* und *Nickel* große Aehnlichkeit mit dem Eisen, sowohl in ihrem Aeußern als in ihren Verbindungen; nur sind sie edler, d. h. sie ziehen den Sauerstoff nicht so begierig an, sie rosten nicht so leicht, wie das Eisen. Die drei Metalle: Eisen, Kobalt und Nickel bilden, wie schon erwähnt, das *magnetische Kleeblatt*; sie allein unter allen Metallen werden von dem Magnet angezogen. Bemerkenswerth ist außerdem, daß gerade diese drei Metalle immer in den Eisen- oder Steinklumpen vorkommen, die zuweilen, man weiß nicht woher, in glühendem Zustande aus der Luft auf die Erde herabstürzen (Meteoreisen und Meteorsteine). Kobalt- und Nickelmetalle.

Der in den Apotheken vorkommende *Fliegenstein* wird häufig auch Kobalt oder Scherbenkobalt genannt, aber ganz mit Unrecht, denn es findet sich in ihm keine Spur von Kobalt; er ist *gediegenes* Arsenik oder Arsenikmetall.

307. Mit dem *Sauerstoff* bilden beide Metalle, ebenso wie das Eisen, ein 1atomiges Oxydul und ein $1\frac{1}{2}$atomiges Oxyd. Kobalt- und Nickeloxyde.

*Kobaltoxydul* ($CoO$) ist olivengrün, als *Hydrat* und in Lösungen rosenroth; *Kobaltoxyd* ($Co_2O_3$) schwarz. Man wendet diese Oxyde häufig in der Porzellan- und Glasmalerei an.

*Nickeloxydul* ($NiO$) ist grünlichgrau, als *Hydrat* schön apfelgrün; *Nickeloxyd* ($Ni_2O_3$) schwarz. Der als Schmuckstein bekannte Chrysopras ist ein durch Nickeloxydul grün gefärbter Quarz.

Kobalt- und Nickelsalze.

308. Die Kobaltoxydulsalze haben eine rosenrothe Farbe. Eine Lösung von salpetersaurem Kobaltoxydul wird oft zu Löthrohrversuchen, hauptsächlich zur Erkennung der Thonerde, gebraucht (262.); eine Lösung von Kobaltchlorür aber als sympathetische Tinte, weil sie die Eigenschaft hat, durch Verdampfen des Wassers blau, durch Wiederanziehen von Wasser aber wieder fast unsichtbar röthlich zu werden. Mit Phosphorsäure und arseniger Säure bildet das Kobaltoxydul rothe, unlösliche Verbindungen, die man in neuerer Zeit als blaue Schmelzfarben für die Glas- und Porzellanmalerei anwendet. Die Nickeloxydulsalze haben eine hellgrüne Farbe.

Gegen Schwefelwasserstoff verhalten sich die Kobalt- und Nickelsalze den Eisensalzen gleich; sie werden nämlich durch Schwefelwasserstoffwasser nicht, durch Schwefelwasserstoffammoniak aber schwarz, als Schwefelkobalt und Schwefelnickel, gefällt.

## Zink (Zn).

(At.-Gew. = 407. — Specif. Gew. = 6,8.)

— Seit 1750 in Europa dargestellt; Messing war schon im Alterthum bekannt. —

Zink, Zn.

309. Vor nicht gar langer Zeit brauchte man das Zink fast nur allein zur Bereitung von Messing und Tomback; jetzt aber, seitdem man gelernt hat, es in Blech auszuwalzen, zu schmieden und in Draht auszuziehen, benutzt man es auch zur Anfertigung vieler Gegenstände, die man sonst aus Blei, Kupfer und Eisen machte, z. B. zu Nägeln, Schnallen, Gasometern und Gasleitungsröhren, zu Dachrinnen und Dächern, zu Kühlschiffen für Brauereien &c., denn es ist härter und doch leichter als Blei, wohlfeiler als Kupfer, und durch Luft und Wasser weniger zerstörbar als Eisen. Gewöhnlich kommt es in der Form von Platten im Handel vor, die so spröde sind, daß sie mit dem Hammer in kleine Stücke zerschlagen werden können; auf dem frischen Bruche zeigt es ein krystallinisches, hakiges Gefüge

und eine bläulich-weiße Farbe. Sonst hieß es auch Spiauter oder Galmeimetall.

310. Versuche mit Zink.

Versuch a. Bleibt blankes Zink längere Zeit an der Luft liegen, so verliert es seinen Glanz und überzieht sich mit einem grauen Häutchen. Dieses besteht aus Zink, verbunden mit einer geringen Menge von Sauerstoff, und wird Suboxyd genannt. Zink an der Luft.

Versuch b. Man lege ein Stück gescheuertes Zinkblech abwechselnd in Wasser und an die Luft: es wird sich nach und nach mit einem weißen Ueberzuge bedecken, es rostet wie das Eisen; der Zinkrost hat aber eine weiße Farbe. Beim Eisen pflanzt sich die Oxydation schnell nach innen zu weiter fort, beim Zink nicht oder doch nur sehr langsam; daher halten zinkene Gegenstände in Wind und Wetter viel länger als eiserne; daher überzieht man eiserne Gegenstände oft mit Zink (galvanisirtes Eisen). Eisenrost ist Eisenoxydhydrat, Zinkrost ist Zinkoxydhydrat. Nächst dem Sauerstoff zieht aber das Zink auch etwas Kohlensäure aus der Luft an, was man an dem Brausen erkennt, wenn ein Tropfen Säure auf das gerostete Zink gebracht wird; der weiße Ueberzug ist hienach eine Doppelverbindung von Zinkoxydhydrat mit kohlensaurem Zinkoxyd (basisch kohlensaures Zinkoxydhydrat). Zink und Wasser.

Versuch c. Man halte mittelst einer Zange oder Pincette ein Stückchen Zink so lange in eine Weingeistflamme, bis es zischt, wenn man ein feuchtes Hölzchen daran hält; hämmert man es jetzt schnell auf einem vorher erwärmten Steine oder Ambose, so zerspringt es nicht, sondern breitet sich, wie Blei, zu einer dünnen, zusammenhängenden Platte aus. Das Zink hat die auffallende Eigenthümlichkeit, daß es zwischen 100 bis 150° C. dehnbar, unter oder über dieser Temperatur aber spröde ist. Seitdem man dieses Verhalten des Zinks in der Hitze kennt, ist man leicht dahin gelangt, die Schwierigkeiten zu überwinden, die früher der Umwandlung dieses in der Kälte unbiegsamen Metalls in Blech und Draht entgegenstanden. Zink ist in der Hitze dehnbar.

Zink schmilzt leicht.

**Versuch** d. Bei stärkerer Erhitzung, ungefähr bei 360° C., schmilzt das Zink, wie man leicht sehen kann, wenn man ein kleines Stück davon in einem eisernen Löffel über eine Weingeistflamme hält. Hiebei bildet sich ebenfalls eine graue Haut von Suboxyd: diese nimmt aber nach einiger Zeit eine gelbe Farbe an und wird zu

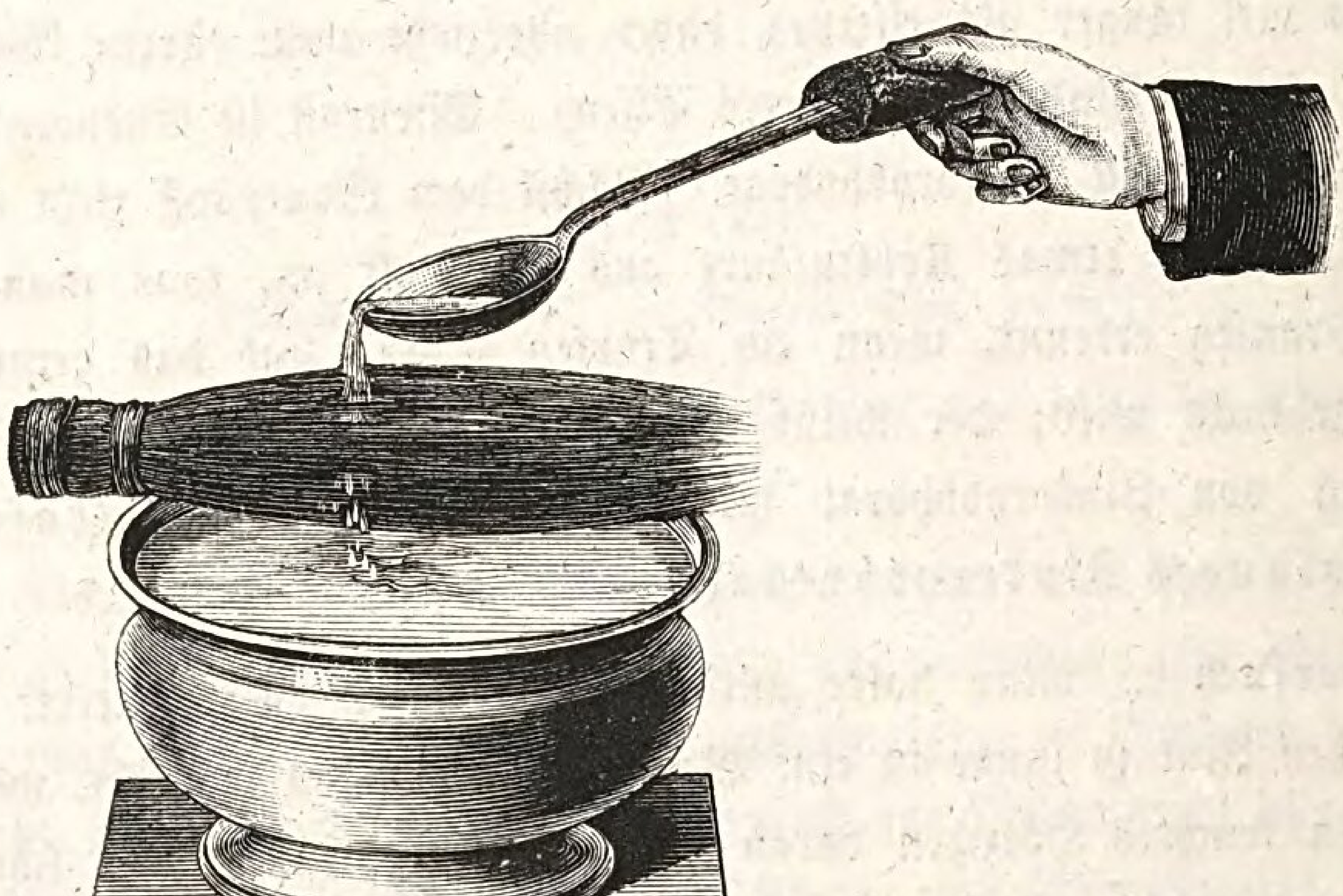
Zinkoxyd; ZnO.

Oxyd (ZnO). Beim Erkalten geht das Gelb in Weiß über; das Zinkoxyd gehört zu den Körpern, welche in der Hitze eine andere Farbe zeigen, als sie bei gewöhnlicher Temperatur haben.

Granulirtes Zink.

**Versuch** e. Bei chemischen Versuchen, insbesondere zur Entwicklung von Wasserstoff, ist es sehr bequem, das Zink in Gestalt kleiner Körner (granulirt) anzuwenden. Aus dem geschmolzenen Metall sind diese sehr leicht darzustellen; man braucht das flüssige

Fig 149.



Metall nur durch einen angefeuchteten Besen, den man über ein Wassergefäß hält und gelinde rüttelt, zu gießen (Fig. 149). Auf diese Weise lassen sich auch andere leicht schmelzbare Metalle, als Blei, Zinn, Wismuth ꝛc., und zwar bequemer als durch Zerschneiden oder Feilen in kleinere Stücke zertheilen.

Versuch f. In noch stärkerer Hitze verdampft das Zink und brennt dabei mit bläulicher Flamme. Um diese Erscheinung wahrzunehmen, muß man den Löffel mit Zink auf glühende Kohlen stellen, damit er heißer werde, als durch die Spirituslampe. Recht schön sieht man dieselbe schon im Kleinen, wenn man ein kleines Stückchen Zink auf Kohle vor dem Löthrohre erhitzt; das Metall verwandelt sich bald in eine lockere, schwammige Masse von Oxyd, und während dies geschieht, brechen blaue Flammen aus der Oxyddecke hervor. Das Oxyd ist nämlich nicht flüchtig, denn sonst würde gar nichts übrig bleiben. Was die Flamme hervorbringt, ist brennender Zinkdampf; was bei der Verbrennung gebildet wird, ist Zinkoxyd. Man nennt dieses Oxyd auf trocknem Wege bereitetes, oder Zinkblumen, und kann es durch Zerreiben und Schlämmen mit Wasser von den etwa noch eingeschlossenen Metalltheilchen befreien. Das Zink hat nur diese eine Oxydationsstufe. Zink verdampft und brennt.

## Zink und Säuren.

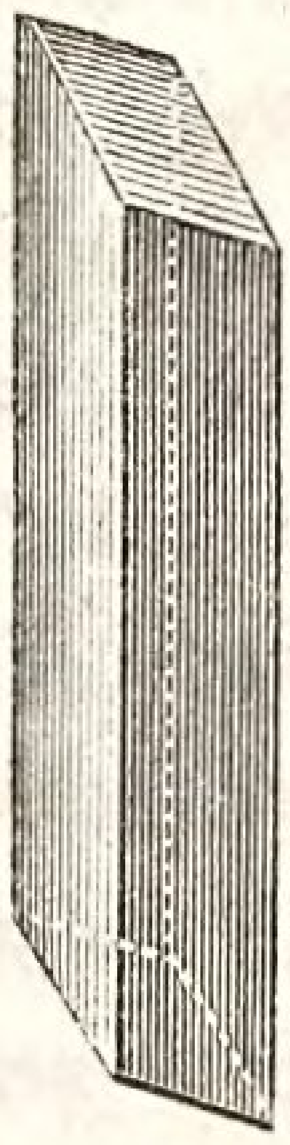
311. Alle verdünnten Säuren lösen das Zink mit Leichtigkeit unter Entwicklung von Wasserstoffgas auf und bilden mit dem entstandenen Oxyd Zinksalze. Das hiebei frei werdende Wasserstoffgas ist viel reiner als das mit Eisen dargestellte; man wendet deswegen das Zink gewöhnlich an, wenn man sich Wasserstoff darstellen will, z. B. bei den Platinfeuerzeugen, Luftballons ꝛc. Wird, wie es gewöhnlich geschieht, verdünnte Schwefelsäure zum Auflösen des Zinks genommen, so erhält man beim Verdampfen das bekannteste der Zinksalze, das schwefelsaure Zinkoxyd. Zink und Säuren.

## 312. Zinkvitriol oder schwefelsaures Zinkoxyd ($ZnO, SO_3 + 7HO$).

Dieses Salz krystallisirt in rhombischen, farblosen Säulen (Fig. 150 a. f. S.), welche beinahe zur Hälfte aus Krystallwasser bestehen. Das schwefelsaure Zinkoxyd, auch weißer Vitriol oder weißer Galitzenstein genannt, ist leicht löslich in Wasser und wird oft äußerlich als ein kühlendes Zinkvitriol.

Mittel, insbesondere bei Augenentzündungen angewendet. Aus den unbrauchbar gewordenen Flüssigkeiten der Platinfeuerzeuge lassen sich durch Abdampfung ohne große Mühe ziemliche Quantitäten dieses Salzes darstellen. Der schwarze Schlamm, der sich aus der Zinklösung absetzt, ist zum größten Theil Kohle, von welcher sich beim Ausschmelzen des Zinks aus seinen Erzen immer ein wenig mit dem Zink verbindet. Da sie in Säuren nicht löslich ist, so muß sie beim Lösen des Metalls zurückbleiben.

Fig. 150.



Zinksalze sind giftig. Alle Zinksalze sind **giftig** und erregen, wenn sie in den Magen gebracht werden, ein heftiges Erbrechen; als Gegenmittel sind Milch, Eiweiß und Kaffee anzuwenden.

Versuche mit **Zinkvitriol**. Man bereite sich eine Auflösung von schwefelsaurem Zinkoxyd und tröpfle dazu:

Zinkoxyd und Wasser. a) **Ammoniak** oder **Kali**: es entsteht ein weißer Niederschlag von **Zinkoxydhydrat**, der durch überschüssiges Alkali wieder aufgelöst wird.

Schwefelzink. b) **Schwefelwasserstoffammoniak**: auch hier bildet sich ein weißer Niederschlag; dieser ist **Schwefelzink**. Dieses Verhalten des Zinks benutzt man, um es von anderen Metallen zu unterscheiden und zu trennen. Schwefelzink findet sich auch natürlich in der Erde, hat dann aber eine gelbe oder braune Farbe und führt den Namen **Zinkblende**. Man macht aus diesem Erze durch Rösten, Verwittern und Auslaugen Zinkvitriol, ganz auf dieselbe Weise, wie man aus dem Schwefeleisen Eisenvitriol gewinnt.

Kohlensaures Zinkoxyd. c) **Kohlensaures Natron**: man erhält **kohlensaures Zinkoxydhydrat**, ebenfalls in Gestalt eines weißen Niederschlags. Trocknet man diesen, nachdem man ihn lange mit Wasser ausgewaschen hat, so geht die reichliche Hälfte der Kohlensäure fort; glüht man ihn, so entweicht alle Kohlensäure und man behält **Zinkoxyd** übrig. Das so dargestellte Oxyd wird **auf nassem Wege gewonnenes Zinkoxyd** genannt.

313. Kohlensaures Zinkoxyd findet sich auch in der Natur fertig gebildet, am reichlichsten in Schlesien, Westphalen und Belgien; es ist das wichtigste Zinkerz und aus ihm, wie auch aus der Zinkblende, stellt man an den gedachten Orten das Zinkmetall dar. Der Bergmann nennt dieses Erz Galmei. Galmei.

314. Darstellung von Zink. Soll aus dem Galmei Zinkmetall werden, so muß man die Kohlensäure und den Sauerstoff von ihm wegnehmen. Das Erstere geschieht, ähnlich wie bei dem Kalk, durch Brennen in Oefen, das Letztere, ähnlich wie bei dem Eisen, durch Glühen mit Kohle. Der Reductionsproceß darf aber begreiflich nicht in offenen Oefen vorgenommen werden; denn in diesen würde das reducirte Zink verdampfen und an der Luft wieder zu Zinkoxyd verbrennen, so daß man aus dem Zinkoxyd im Ofen nur Zinkoxyd in der Luft erhielte. Man muß vielmehr statt einer Ausschmelzung eine Destillation vornehmen. Als Destillirgefäße wendet man entweder Thoncylinder (Retorten) oder Thonkästen (Muffeln) an, deren mehre entweder im Kreise herum oder über einander in einem Ofen aufgestellt werden. Figur 151 ist das Abbild einer Muffel (M). An der vorderen Seite derselben ist ein gebogenes Thonrohr (b, c, d) befestigt, durch welches die beim Glühen des gerösteten Galmei's mit Kohle sich bildenden zwei luftförmigen Stoffe, Kohlenoxydgas und Zinkdampf, abziehen können. Der letztere verdichtet sich meist schon in dem Rohre und tröpfelt unten als Metall in ein Gefäß mit Wasser ab. Man hat dasselbe jetzt nur noch einmal umzuschmelzen und in Platten auszugießen. Das Zink des Handels (Werkzink) enthält immer noch kleine Quantitäten von Eisen und Blei beigemengt. Steigt der Bleigehalt bis über 1½ Proc., so bleibt das Zink auch in der Hitze brüchig und läßt sich nicht mehr zu Platten auswalzen. Gewinnung des Zinks.

Fig. 151.



315



## Cadmium (Cd).

(At.-Gew. = 697. — Specif. Gew. = 8,6.)

— 1818 gleichzeitig von Stromeyer und Herrmann entdeckt. —

Cadmium. 315. Das Cadmium ist ein seltenes Metall und kann als ein Zwillingsbruder des Zinks angesehen werden, in dessen Erzen es in geringer Menge angetroffen wird. Es unterscheidet sich von dem Zink hauptsächlich dadurch, daß es schon in der Kälte geschmeidig ist und durch Schwefelwasserstoffwasser aus seiner Lösung als gelbes Schwefelcadmium niedergeschlagen wird. Aus den Zinksalzen wurde, wie schon erwähnt, durch dieses Reagens gar nichts, durch Schwefelwasserstoffammoniak aber weißes Schwefelzink ausgefällt.

## Zinn, Stannum (Sn).

(At.-Gew. = 725. — Specif. = 7,3.)

— Schon im Alterthume bekannt. —

Zinn; Sn. 316. Das Zinn gehört zu den wenigen Metallen, welche schon in den ältesten Zeiten bekannt waren. Es wird bei sehr geringer Hitze flüssig (bei 230° C.) und seine Erze finden sich in manchen Ländern in dem Sande, mit dem die Oberfläche der Erde bedeckt ist; es war daher leicht zu finden und leicht auszuschmelzen. Man holte es sonst hauptsächlich von den britischen Inseln, die deshalb auch den Namen Zinninseln erhielten, und noch jetzt, nächst Malakka in Ostindien, das reinste Zinn liefern. Der schöne Glanz des metallischen Zinns und seine große Weichheit und Biegsamkeit, seine geringe Affinität zum Sauerstoff, derzufolge es sich an der Luft und im Wasser lange blank erhält, seine leichte Schmelzbarkeit, derzufolge es sich besonders zu Gußwaaren und zum Ueberziehen anderer Metalle (Verzinnen) eignet: diese Eigenschaften vor allen sind es, welche das Zinn charakterisiren und es zu einem sehr geschätzten Metalle gemacht haben. Als Mate-

rial für Speise- und Trinkgeschirre hat es zwar seine frühere Bedeutung verloren, seitdem man diese Geräthschaften aus Glas und Porzellan schön und billig darzustellen gelernt hat, dafür aber weiß man es jetzt auf mannichfache andere Weise als sonst in Künsten und Gewerben zu benutzen. In den älteren chemischen Werken führt es den Namen Jupiter und das Zeichen ♃. Zinn; Sn.

317. Versuche mit Zinn.

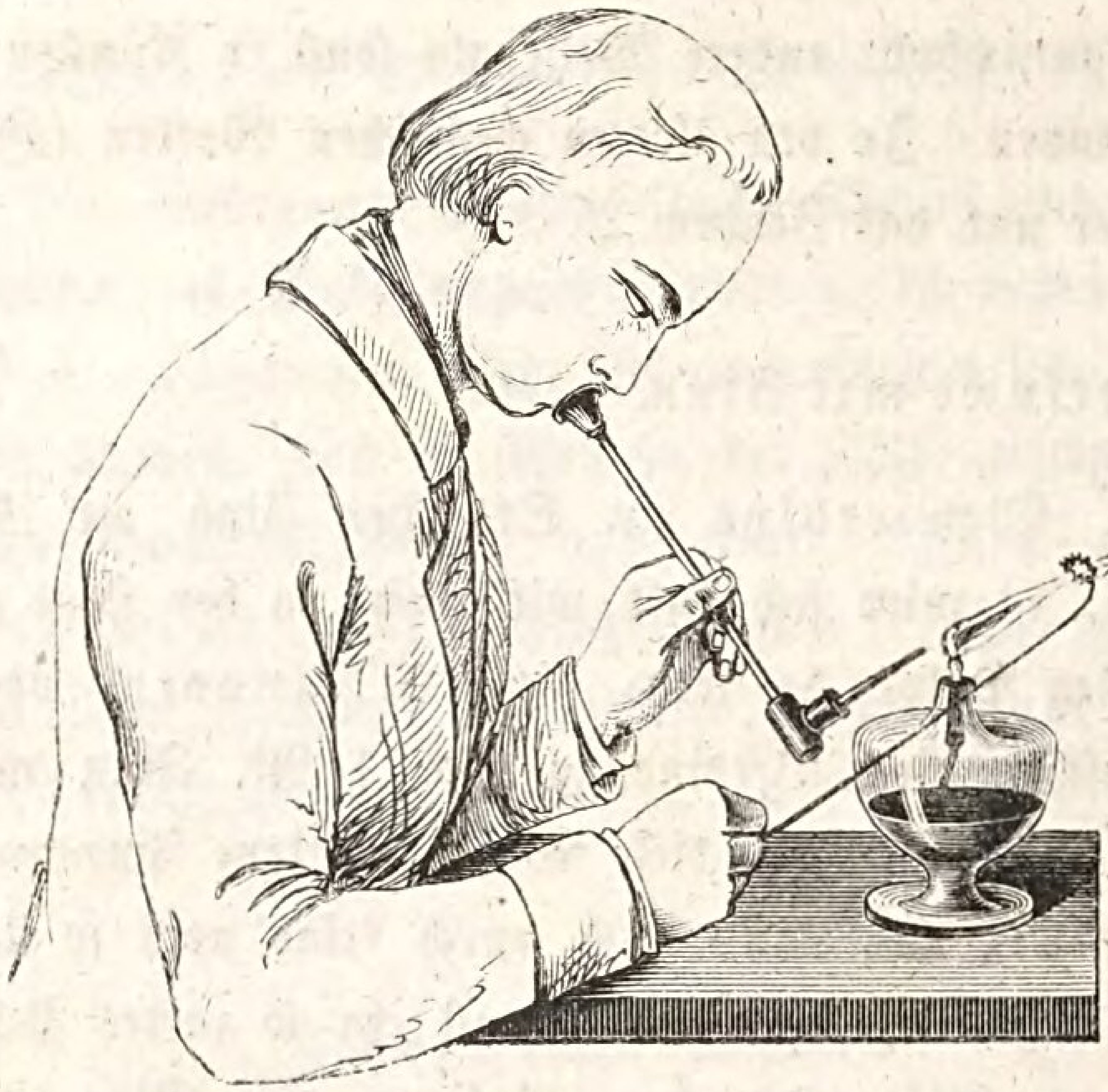
**Versuch.** Man erhitze ein Stückchen Zinn auf Kohle vor dem Löthrohre: es wird sich bald mit einem in der Hitze gelblichen, kalt aber weißen Pulver bedecken; dieses ist Zinnoxyd oder Zinnsäure (Zinnasche), eine Verbindung von 1 At. Zinn mit 2 At. Sauerstoff ($SnO_2$). Das auf diese Weise erhaltene Zinnoxyd löst sich in keiner Säure auf, kann auch durch keine noch so starke Hitze zum Schmelzen gebracht werden. Es ist ein so zartes Pulver, daß man es oft zum Glänzendmachen (Poliren) von Glas oder Metall anwendet. Zinn in der Hitze. Zinnoxyd; $SnO_2$.

Als unlösliches Oxyd finden wir das Zinn auch in der Natur, entweder krystallisirt (Zinngraupen), oder in Felsarten eingesprengt (Zinnstein, in Sachsen und Böhmen), oder endlich als Gemengtheil des Sandes oder Schuttlandes mancher Länder (Holzzinn, in England). Das Zinnoxyd ist das einzige Erz, aus dem man das Zinn im Großen ausschmilzt: seine gewöhnlichsten Begleiter sind Eisen und Arsenik. Zinnstein.

**Versuch.** 2 Gran Zinn und 8 Gran Blei werden auf Kohle gelegt und durch's Löthrohr erhitzt: sie schmelzen und vereinigen sich auf's Vollständigste mit einander; man erhält eine Legirung von Zinn und Blei. Wird diese in's Glühen gebracht, so erfolgt die Oxydation so energisch, daß die Masse in lebhafte Bewegung geräth und fortglimmt, auch wenn sie vom Feuer weggenommen wird. Auf diese Weise bereiten sich die Töpfer die porzellanartige Glasur für Ofenkacheln wie für das Fayencegeschirr. Man reibe von dem Zinnglasur.

Zinnglasur. erhaltenen Gemenge aus Blei- und Zinnoxyd etwas unter Borax-

Fig. 152.



pulver und stelle sich aus letzterem auf Platindraht eine Perle dar: die Perle wird nicht durchsichtig, sondern wegen des darin vertheilten unschmelzbaren Zinnoxyds undurchsichtig und porzellanartig erscheinen (Email).

Löthen. 318. Legirungen von Zinn und Blei werden von den Metallarbeitern unter dem Namen Loth allgemein benutzt, um Metall mit Metall zusammenzukleben (weich zu löthen). Was für den Tischler der Leim ist, das ist für den Klempner das Loth. Am leichtesten schmelzbar ist eine Legirung aus 2 Theilen Zinn und 1 Theil Blei; sie hat deswegen den Namen Schnellloth erhalten. Eine andere Legirung, die man zum Verlöthen von gröberen Sachen, z. B. von Dachrinnen, anwendet, wird aus 2 Theilen Blei und 1 Theil Zinn zusammengesetzt und Streichloth genannt, weil sie so dickflüssig ist, daß sie nicht von selbst breitläuft, sondern breitgestrichen werden muß. Für Metallgeräthschaften, welche eine stärkere Hitze aushalten müssen, bedient man sich des Messings oder eines ähnlichen, schwer schmelzbaren Metallgemisches zum Löthen (Hartloth).

Selbst dem Zinn, aus dem die Zinngießer ihre Waaren darstellen, wird etwas Blei zugesetzt, weil reines Zinn etwas spröde ist und die Formen nicht gut ausfüllt. Die Menge von Blei, welche dem Zinn zugesetzt werden darf, ist in den meisten Ländern gesetzlich vorgeschrieben ($^1/_9$ bis $^1/_6$). Man nennt eine solche Legirung Probezinn, im Gegensatze zu dem feinen Zinn oder Bergzinn, worunter das reine zu verstehen ist. Gießt man eine Säure auf Probezinn, so löst sich nur Zinn auf; das Zinn hat also die Kraft, das Blei vor dem Angriffe der Säuren zu schützen. Probezinn

## Zinn und Salzsäure.

319. Das wichtigste Auflösungsmittel für das Zinn ist die Salzsäure; durch sie stellen wir uns die zwei wichtigsten Zinnsalze, Zinnchlorür und Zinnchlorid, dar Zinn und Salzsäure.

Zinnchlorür. Versuch. Man lege in zwei Porzellanschälchen oder Steinzeugtöpfchen fein ausgewalztes Zinn (Stanniol) und übergieße dann die eine Portion davon mit Salzsäure. Nach einigen Stunden wird die Säure auf das Zinn der zweiten Schale gegossen, von dieser wieder auf die erste u. s. f., so daß das Metall einige Tage lang abwechselnd mit der Luft und der Salzsäure in Berührung kommt. Durch den Sauerstoff der Luft bildet sich Zinnoxydul, durch die Säure wird dieses aufgelöst; man erhält auf diese Weise eine Lösung von salzsaurem Zinnoxydul oder Zinnchlorür, aus der sich durch Abdampfen und Erkalten farblose, rhombische Krystallsäulen absetzen. Im gewerblichen Leben wird dieses Salz Zinnsalz genannt. Es hat mit den Eisenoxydulsalzen die Eigenschaft gemein, mit großer Begierde noch mehr Sauerstoff anzuziehen und sich in Oxydsalz zu verwandeln. Hieraus erklärt es sich, warum sich das lange mit der Luft in Berührung gewesene Zinnsalz nicht mehr klar auflöst, sondern milchig wird. Um eine klare Lösung zu erhalten, muß etwas Salzsäure zugesetzt werden, welche sich mit dem ausgeschiedenen Zinnoxyd verbindet. Zinnchlorür oder Zinnsalz.

Zinnoxydul; $SnO$. 320. **Zinnoxydul** ($SnO$). Versuch. Zu einer Lösung von Zinnsalz wird Ammoniak gegossen: der weiße Niederschlag, welcher sich bildet, ist **Zinnoxydulhydrat**. Durch Kochen der Flüssigkeit wird die Verbindung zwischen Oxydul und Wasser aufgehoben und man erhält wasserfreies Zinnoxydul, welches eine grau-schwarze Farbe hat und schnell mit abgekochtem Wasser ausgewaschen und getrocknet werden muß, weil es außerdem noch mehr Sauerstoff aus der Luft anzieht. Erhitzt man das getrocknete Oxydul vor dem Löthrohre, so verglimmt es wie Zunder mit großer Lebhaftigkeit zu Zinnoxyd (Zinnsäure).

Zinnchlorid. 321. **Zinnchlorid** ($SnCl_2$). Versuch. Man versetze eine Lösung von Zinnsalz so lange mit Chlorwasser, als der Chlorgeruch noch verschwindet: aus $SnCl$ wird dadurch $SnCl_2$ oder **Zinnchlorid**. Dieselbe Verbindung kann auch durch Kochen von Zinnsalzlösung mit Salzsäure und Salpetersäure oder durch Auflösen des Zinns in Königswasser erhalten werden. Die Färber nennen diese Flüssigkeit Zinnsolution oder Physik. Durch Ammoniakzusatz erhält man daraus **Zinnoxyd** (**Zinnsäure**), welches sich von dem nach 317. gewonnenen dadurch unterscheidet, daß es sich **sehr leicht** in Säuren auflöst.

Zinnoxydul und Zinnoxyd lösen sich auch in Kalilauge auf; sie verhalten sich, ähnlich der Thonerde (260.), gegen starke Basen wie **Säuren**.

Goldpurpur. 322. Versuch. Wird zu einer sehr verdünnten Lösung von Zinnchlorür Goldlösung getröpfelt, so entsteht ein purpurrother Niederschlag (in Zinnchloridlösung nicht), der **Goldpurpur** heißt und eine der wichtigsten Schmelzfarben ist, da er auf Glas oder Porzellan eingeschmolzen das prachtvollste Purpurroth hervorbringt. Goldlösung ist ein gutes Reagens auf Zinnoxydulsalze.

Zinnbeizen. 323. Versuch. Man vermische eine Abkochung von Rothholz mit Zinnchlorür oder Zinnchlorid: das Gelbroth der Flüssigkeit wird in schönes Purpurroth umgewandelt. Aehnliche vortheilhafte Farbenänderungen bringen diese Salze auch bei anderen Farbstoffen hervor

und man benutzt sie deshalb, als sogenannte **Beizen**, sehr häufig in der Färberei und Druckerei.

## Zinn und Salpetersäure.

324. **Versuch.** Man erhitze in einem Probirgläschen einige Körnchen Zinn mit Salpetersäure: das Zinn verwandelt sich unter lebhafter Entwicklung von gelben Dämpfen in ein weißes Pulver, in **Zinnoxyd**. Die Salpetersäure kann wohl das Zinn zu Oxyd zerfressen, sich aber mit dem entstandenen Oxyde **nicht** verbinden. Das so erhaltene Zinnoxyd verbindet sich zwar mit anderen Säuren, aber **nicht so vollständig**, als das nach 321. erhaltene; das durch Glühen dargestellte vereinigt sich, wie erwähnt, **gar nicht** mit denselben (317.). Das Zinnoxyd kommt also in drei isomerischen Zuständen vor, nämlich: unlöslich, sehr leicht löslich und schwieriger löslich in Säuren. Zinn und Salpetersäure.

## Zinn und Schwefel.

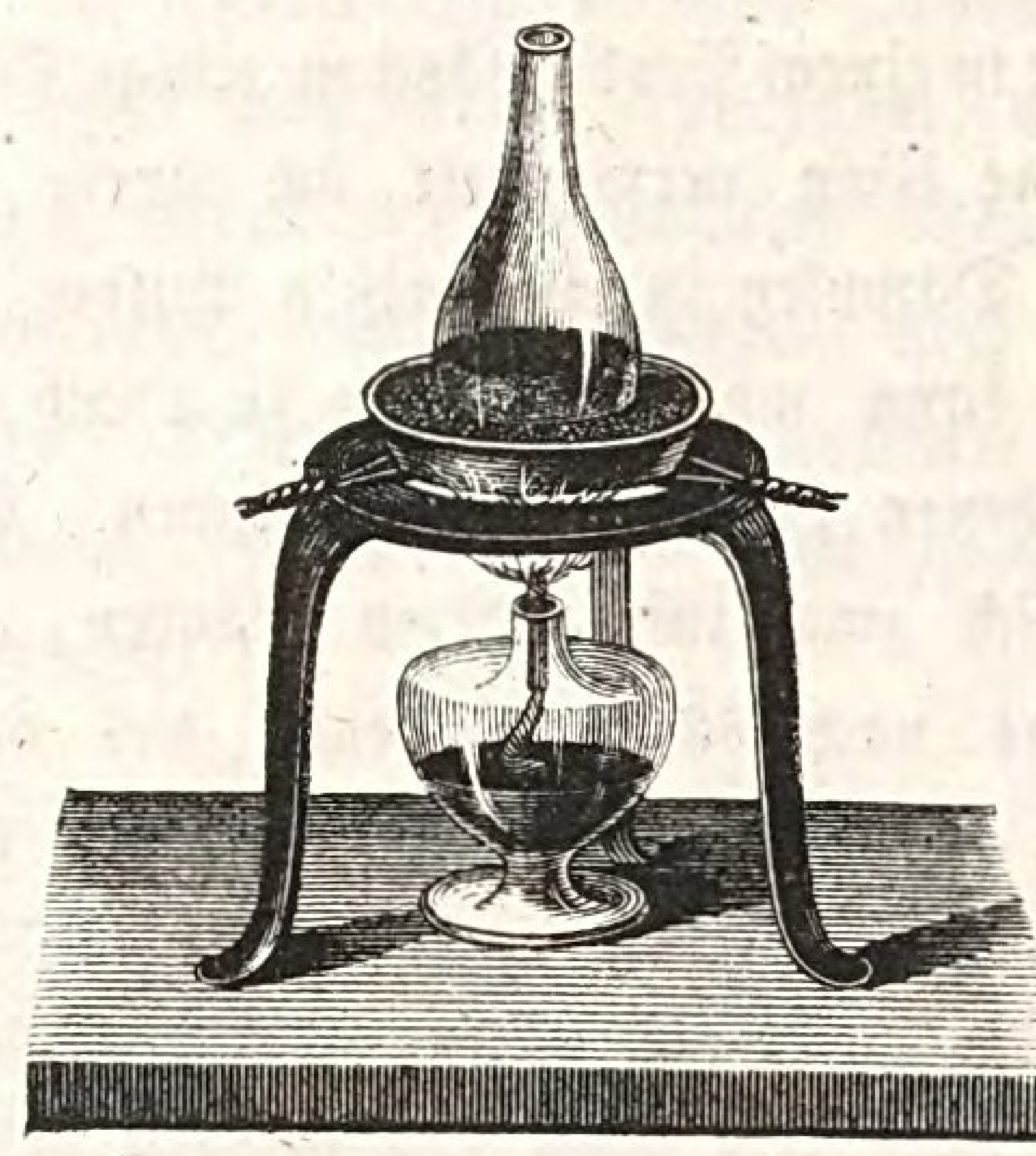
325. **Versuch.** Schwefelwasserstoffwasser bewirkt in Zinnchlorürlösung einen röthlich-braunen Niederschlag von **einfach Schwefelzinn** ($SnS$), in Zinnchloridlösung einen gelben von **zweifach Schwefelzinn** ($SnS_2$). Man sieht leicht, daß in dem ersten Falle 1 Atom Chlor durch 1 Atom Schwefel, in dem anderen Falle 2 Atome Chlor durch 2 Atome Schwefel vertreten oder ersetzt werden. Zinn und Schwefel.

**Einfach Schwefelzinn** oder **Zinnsulfür** ($SnS$). **Versuch.** Auch auf trocknem Wege lassen sich diese beiden Schwefelmetalle erzeugen. In ein 24 Gr. schweres Blatt von Stanniol packe man 12 Gr. Schwefelblumen, ähnlich wie in ein Papier ein, rolle das Päckchen dann so lange, bis es in ein Probirgläschen geht, und erhitze es in diesem: die Hälfte des Schwefels verbrennt, die andere Hälfte aber verbindet sich unter lebhaftem Erglühen mit dem Zinn zu einer braunschwarzen glänzenden Masse ($SnS$). Bespritzt man das Gläschen, während es noch heiß ist, mit Wasser, so wird es rissig und läßt sich nun gut von dem geschmolzenen Schwefelzinn losmachen. Das Gewicht des letzteren beträgt nahezu 30 Gran. Zinnsulfür.

Zinnsulfid oder Musivgold.

**Zweifach Schwefelzinn oder Zinnsulfid** ($SnS_2$). **Versuch.** Die erhaltenen 30 Gran Zinnsulfür werden feingerieben und mit 6 Gr. Schwefel und 12 Gr. Salmiak genau gemischt; das Gemisch kommt in ein Unzengläschen mit dünnem Boden und wird mit diesem in einem Sandbade $1\frac{1}{2}$ Stunden lang erhitzt. Man erhält zweifach Schwefelzinn, in diesem Falle aber als eine wie Gold glänzende Masse, der man den Namen **Musivgold** gegeben hat. Sie kann benutzt werden, um auf Holz, Gyps, Thon ꝛc. einen goldähnlichen Ueberzug hervorzubringen (Bronziren). Den Salmiak findet man als einen Sublimat in dem oberen Theile des Gläschens wieder; er befördert das Entstehen einer schönen Goldfarbe, ohne selbst eine chemische Veränderung zu erleiden oder zu bewirken.

Fig. 153.



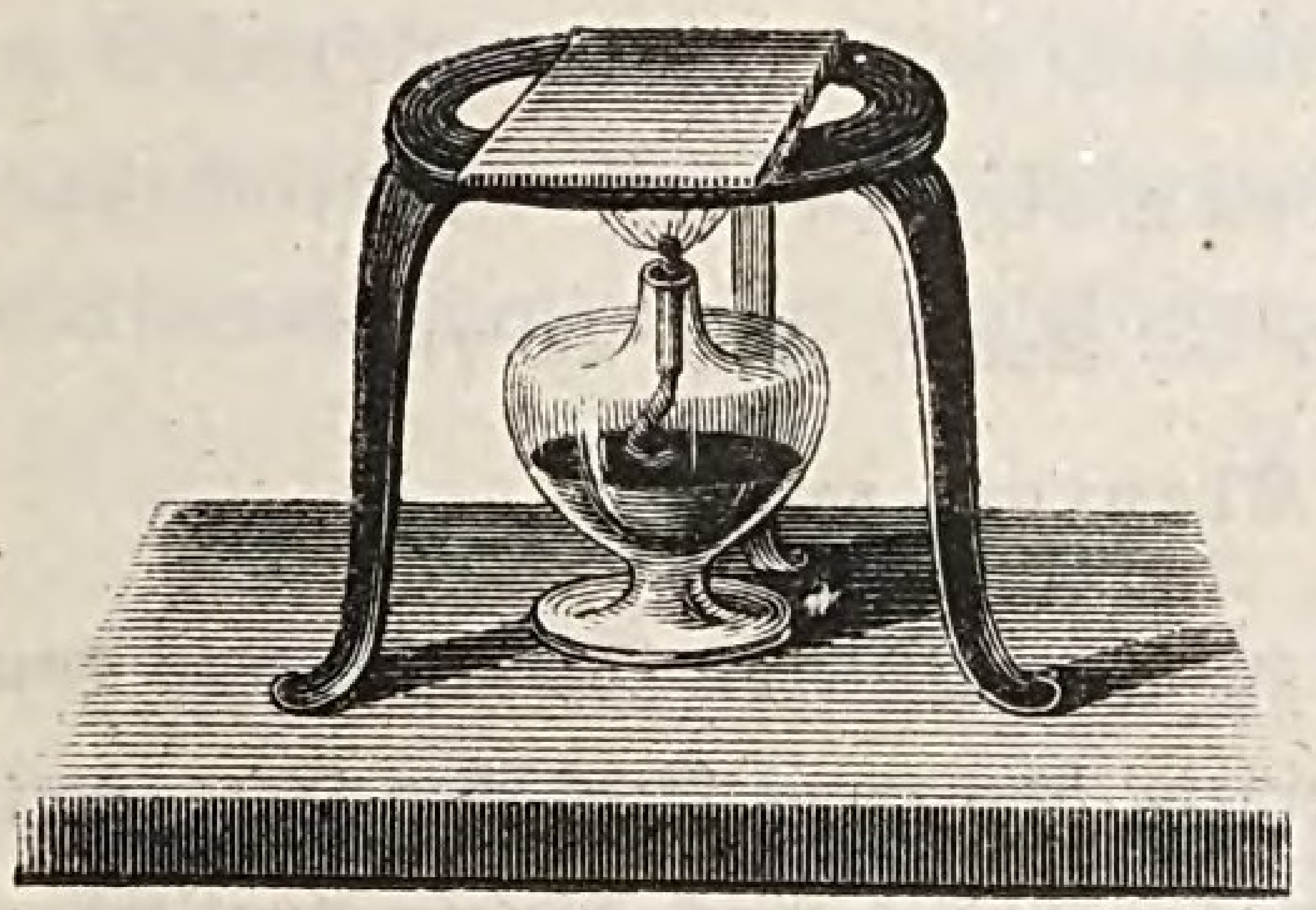
Gewinnung des Zinns.

326. **Darstellung des Zinns.** Das Zinn wird in den Zinnhütten auf eine sehr einfache Weise aus dem Zinnstein (Zinnoxyd) gewonnen. Zuerst röstet man das feingepochte Erz; dadurch wird das Arsenik verflüchtigt und das Eisen oxydirt. Dann wäscht oder schlämmt man es mit Wasser; dadurch wird das leichtere Steinpulver (die Gangart) wie der größte Theil des Eisenoxyds fortgespült. Endlich schmilzt man es mit Kohle in einem Schachtofen und erhält Kohlenoxydgas und Zinnmetall, welches letztere unten abfließt. Das sächsische Zinn wird gewöhnlich in dünne Blätter, das englische in dünne Stangen ausgegossen. Das meiste im Handel vorkommende Zinn enthält noch Spuren von Arsenik und anderen Metallen. Als Stangenzinn knirscht es beim Biegen (es schreit) und erwärmt sich dabei; dies kommt daher, weil das Zinn beim Erstarren ein krystal-

linisches Gefüge annimmt und diese krystallinischen Theilchen dann durch das Biegen verschoben und an einander gerieben werden. Sehr schön lassen sich diese Krystalle auf verzinntem Eisenbleche hervorbringen.

**Versuch.** Man erhitze ein Täfelchen von Weißblech (verzinntes Eisenblech) auf einem Dreifuße mit einer Spirituslampe bis das Zinn geschmolzen ist, und bespritze es dann mit Wasser, damit das Zinn schnell erstarre. Die Oberfläche des Bleches sieht grau und matt aus, denn sie ist mit einer Oxydschicht bedeckt; sehr bald aber treten auf ihr die schönsten krystallinischen Zeichnungen hervor, wenn man sie abwechselnd mit zwei Papierballen reibt, von denen der eine mit verdünntem Königswasser, der andere mit Kalilauge befeuchtet ist. Diese beiden Flüssigkeiten lösen nämlich den Ueberzug von Oxyd auf und legen die reine Zinnfläche bloß (Moiré metallique). Zinnmoiré.

Fig. 154.



327. Verzinnung. **Versuch.** Wie man Kupfer oder Messing mit Zinn überzieht, ist schon früher (229.) gezeigt worden. Dies kann auch auf nassem Wege geschehen, wenn man feingeschnittenes Stanniol oder Zinnspähne mit gepulvertem Weinstein und Wasser in einem Töpfchen zum Kochen bringt und in dieser Flüssigkeit blank gescheuerte kupferne oder messingene Gegenstände, z. B. einige Pfennige und Messingstifte, ½ Stunde lang kocht. Die freie Säure des Weinsteins bewirkt, daß sich etwas Zinn auflöst: bei längerem Kochen wird dieses, ähnlich wie 285., auf dem elektropositiveren Kupfer oder Messing metallisch wieder abgeschieden. Auf diese Weise werden die Stecknadeln verzinnt oder weißgesotten. Verzinnen.

**Versuch.** Man lasse in einem Gefäße von Weißblech eine Nacht hindurch Essig stehen und prüfe ihn dann mit Goldlösung: Zinn u. Essig

Zinn u. Essig. die entstehende röthliche Färbung zeigt an, daß auch der schwache Essig Zinn aufzulösen vermag. Das Zinn wirkt zwar nicht so giftig als Blei und Kupfer, ist aber doch gesundheitsschädlich; man darf daher saure Speisen und Getränke nie längere Zeit in zinnernen oder verzinnten Gefäßen stehen lassen.

Das unächte Blattsilber (Silberschaum) wird aus einer Legirung von Zinn und Zink bereitet, die man so lange hämmert, bis sie sich zu den dünnsten Blättchen ausgedehnt hat.

## Uran (U).

(At.-Gew. = 750. — Specif. Gew. = ?)

— 1789 von Klaproth entdeckt. —

Uran. 328. Das Uran gehört zu den seltneren Metallen und kommt mit Sauerstoff verbunden in einem schwarzen sächsischen Erze, welches Pechblende oder Uranpecherz heißt, vor. Aus diesem bereitet man sich das Uranoxydammoniak, ein schön gelbes Pulver, welches im Handel unter dem Namen Uranoxyd bekannt ist und in der Weißglühhitze, wobei es zu schwarzem Oxydul reducirt wird, eine sehr dauerhafte schwarze Porzellanfarbe giebt. Das jetzt so beliebte grüngelbe (maigrüne) Glas verdankt seine Farbe ebenfalls dem Uranoxyd.

Als chemische Seltenheiten mögen hier, nur dem Namen nach, noch die Metalle:

Cerium, Lanthan und Didym

angeführt werden.

## Rückblick auf die erste Gruppe der schweren Metalle.

1) Die bisher betrachteten Metalle haben das Gemeinsame, daß sie in der Glühhitze, oder bei Gegenwart einer Säure, das Wasser zersetzen (wasserzersetzende Metalle); um sie aufzulösen, wendet man daher verdünnte Säuren an.

2) Die niedrigsten Oxydationsstufen derselben sind starke Basen, die höchsten verhalten sich meist wie Säuren.

3) Keins dieser Metalle findet sich gediegen in der Natur; bei weitem am häufigsten werden sie als Oxyde, also mit Sauerstoff verbunden, angetroffen.

4) Das specifische Gewicht dieser Metalle steigt von 6,6 bis 8,8.

5) Eisen, Mangan, Zink, Kobalt und Nickel werden aus ihren sauren Auflösungen nicht durch Schwefelwasserstoffwasser, sondern nur durch Schwefelwasserstoffammoniak als Schwefelmetalle niedergeschlagen (alle übrigen schweren Metalle werden durch beide Flüssigkeiten zu Schwefelmetallen). Dies Verhalten wird als ein wichtiges Scheidungsmittel der genannten (elektropositiven) Metalle von den anderen (elektronegativen) in der analytischen Chemie benutzt.

---

## Zweite Gruppe der schweren Metalle.

### Blei, Plumbum (Pb).

(At.-Gew. = 1295. — Specif. Gew. = 11,4.)

— Seit den ältesten Zeiten bekannt. —

329. Nächst dem Eisen ist das Blei das verbreitetste und billigste Metall; dabei auch ein sehr nützliches, nicht bloß, weil wir Schrot und Buchdruckerlettern daraus gießen und Schwefelsäurekammern daraus erbauen, sondern auch wegen der vielen brauchbaren Verbindungen, die es mit dem Sauerstoff und den Säuren giebt. Gegen die menschliche Gesundheit tritt dieses Metall als ein Feind auf, aber nicht mit offenem Visir, sondern unter der Maske der Freundlichkeit, denn es verbirgt seine schädlichen Wirkungen hinter einem süßen Geschmacke, der den mehrsten seiner Verbindungen eigen ist; auch äußern sich diese Wirkungen nicht sogleich, wenn das Blei in den Körper kommt, sondern oft erst nach Jahren (Bleikolik). Man rechnet es aus diesem Grunde zu den schleichenden Giften. Deswegen wohl verglich man es sonst auch mit dem Gott der Zeit und Blei; Pb.

Blei; Pb. gab ihm den Namen Saturnus und das Zeichen ♄. Die äußeren Eigenschaften des Bleies: sein Glanz, seine leichte Schmelzbarkeit, seine Weichheit und Biegsamkeit, seine bedeutende Schwere ꝛc. sind bekannt genug, wir wenden uns daher gleich zu seinem inneren oder chemischen Charakter.

## Versuche mit Blei.

Blei und Wasser. 330. **Versuch.** Man gieße in ein Glas destillirtes Wasser, in ein anderes Brunnenwasser und stelle in jedes ein Stück Blei: das destillirte Wasser wird bald trübe werden und basisch reagiren, das Brunnenwasser nicht. Reines Wasser greift das Blei leicht an und verwandelt es in Bleioxydhydrat; in dem Brunnenwasser dagegen bildet sich mit der Zeit durch die selten darin fehlenden schwefelsauren Salze etwas schwefelsaures Bleioxyd, welches fest an dem Blei haftet und sich nicht auflöst. Hieraus erklärt sich die Unschädlichkeit der bleiernen Wasserpumpen, die in manchen Gegenden ganz allgemein statt der bei uns gebräuchlichen hölzernen in Anwendung gekommen sind.

Blei in der Hitze. 331. **Versuch.** Wird Blei vor dem Löthrohre in der äußeren Flamme erhitzt, so schmilzt es, ungefähr bei 330° C., und überzieht sich dabei mit einer grauen Haut, ja es verwandelt sich endlich ganz in ein graues Pulver. Man betrachtet dieses entweder als Bleisuboxyd oder als ein Gemenge von Bleioxyd mit Bleimetall. Durch anhaltendes Blasen verändert sich das Grau in Gelb; der gelbe Körper ist Bleioxyd (PbO). In stärkerer Hitze schmilzt das Oxyd und erstarrt beim Erkalten zu einer röthlichgelben, aus glänzenden Schuppen zusammengesetzten Masse, zu der bekannten Bleiglätte. Lenkt man auf diese die innere Löthrohrflamme, so erhält man wieder metallisches Blei. Diese leichte Reducirbarkeit, welche fast allen Bleisalzen eigen ist, verbunden mit dem gelben Oxydbeschlage der Kohle um die Metallkörnchen herum, giebt ein ebenso einfaches als sicheres Mittel ab, um einen Körper auf die Gegenwart von Blei zu untersuchen.

Bleioxyd; PbO.

Das Bleioxyd enthält auf 100 Blei nur 8 Sauerstoff, oder auf

1 At. Blei (1295) 1 At. Sauerstoff (100); das Blei gehört sonach zu den Metallen, welche ein sehr hohes Atomgewicht haben, zu den chemischen Schwächlingen, da von ihm 1295 Pfund nur so viel ausrichten, als 350 Pfd. Eisen oder 407 Pfd. Zink. Als **Bleiglätte** findet das Bleioxyd eine ungemein große Anwendung in den Künsten und Gewerben. Wie man Bleiglas (Flintglas), Bleiglasur und Bleizucker daraus darstellt, ist schon in dem Früheren angegeben worden; außerdem gebraucht es der Chemiker, um Mennige, Bleiweiß und andere Bleifarben und Bleisalze daraus darzustellen; der Apotheker, um mit Baumöl eine unlösliche Bleiseife (Bleipflaster), der Tischler, um mit Leinöl den schnelltrocknenden Firniß daraus zu kochen u. s. w. Als die reinste Glätte ist die englische anzusehen; in der sächsischen und goslar'schen finden sich immer kleine Quantitäten von Kupfer- und Eisenoxyd, auch wohl von Silber. Wie sie im Großen gewonnen wird, soll beim Silber angeführt werden. Schmilzt man die Glätte in einem hessischen Schmelztiegel, so erhält man nach dem Erkalten ein braungelbes, durchsichtiges Glas; dieses ist Bleioxyd mit etwas Kieselsäure verbunden. Die Kieselsäure stammt aus dem Schmelztiegel her.

*Bleioxyd; PbO.* *Bleiglätte.*

332. **Bleiüberoxydul.** Versuch. Man erhitze in einem Löffel 1 Quentchen Bleiglätte und ¼ Quentchen chlorsaures Kali: das gelbliche Gemisch verglimmt zu einem rothen Pulver, welches man mit Wasser auswäscht. Dasselbe geschieht, wenn man die Glätte tagelang, jedoch nicht bis zum Schmelzen, erhitzt und öfters umrührt. In beiden Fällen nimmt das Bleioxyd noch ⅓ mehr Sauerstoff, im ersten Falle aus der Chlorsäure, im zweiten aus der Luft auf, und wird dadurch zu $Pb_3O_4$; diese Verbindung wird **Bleiüberoxydul** oder **Mennige** genannt und als scharlachrothe Anstrichfarbe vielfach benutzt.

*Mennige: $Pb_3O_4$.*

333. **Bleiüberoxyd** ($PbO_2$). Versuch. Erwärmt man Mennige einige Minuten gelind mit Salpetersäure, so zerfällt sie in Oxyd, welches sich auflöst, und in **Bleiüberoxyd**, $PbO_2$, welches

*Bleiüberoxyd $PbO_2$.*

als ein dunkelbraunes Pulver ungelöst bleibt. Das Blei gehört zu den wenigen Metallen, die mit Sauerstoff zu Ueber- oder Superoxyden zusammentreten können.

## Blei und Säuren.

Bleisalze. 334. Das beste Auflösungsmittel für das Blei ist die Salpetersäure. Schwefelsäure, Phosphorsäure und Salzsäure können das Blei nicht auflösen, weil sie mit demselben unlösliche oder doch sehr schwer lösliche Salze bilden. Da das Bleioxyd leicht darzustellen ist, so bereitet man die Bleisalze am vortheilhaftesten durch Auflösung desselben in Säuren, weil man dann den Theil der Säure erspart, welcher zur Umwandlung des Bleimetalls in Bleioxyd erforderlich sein würde.

Salpetersaures Bleioxyd ($PbO, NO_5$) wurde auf doppelte Weise schon früher dargestellt (160.). Kieselsaures Bleioxyd macht einen Hauptbestandtheil des Krystall- und Flintglases und vieler Glasuren aus. Phosphorsaures Bleioxyd kommt natürlich als Grünbleierz vor.

Schwefelsaures Bleioxyd. 335. Schwefelsaures Bleioxyd ($PbO, SO_3$) (173.). Dieses entsteht leicht durch einfache oder doppelte Wahlverwandtschaft, wenn man zu einer Bleilösung Schwefelsäure oder schwefelsaures Natron tröpfelt. Selbst in mehr als tausendfach verdünnten Bleilösungen erhält man noch eine weiße Trübung, da das schwefelsaure Bleioxyd ein ganz unlösliches Salz ist; wir haben demnach in der Schwefelsäure ein sehr genaues Reagens auf Bleisalze. In großer Menge gewinnt man dieses Salz als Nebenproduct in den Druckereien bei der Bereitung der essigsauren Thonerde (Thonbeize) aus Bleizucker und Alaun (262.).

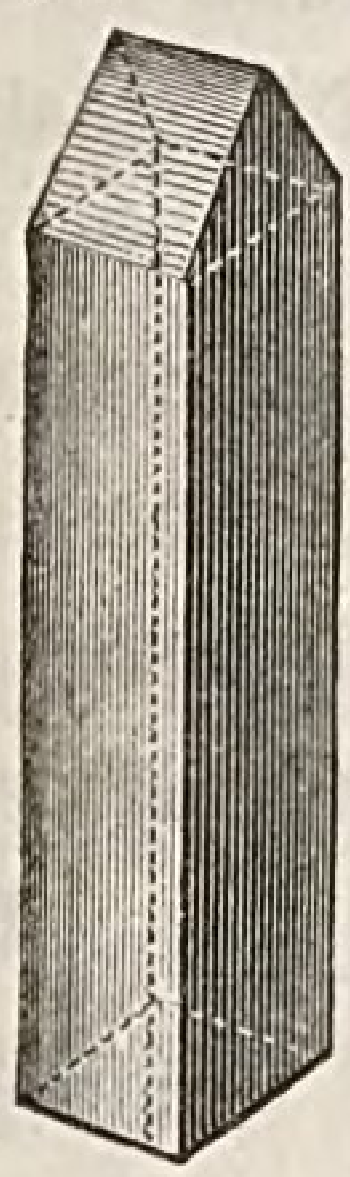
Chlorblei. 336. Chlorblei ($PbCl$). Versuch. Man erhitze 1 Quentchen Bleioxyd mit 1 Loth Salzsäure und 1 Loth Wasser bis zum Kochen und gieße die klare Flüssigkeit von dem Bodensatze in ein Glas ab: man erhält beim Erkalten weiße, glänzende Krystallnadeln

von Chlorblei (Hornblei). Dieses Salz löst sich nur sehr schwer im Wasser.

**Versuch.** Bringt man in einem Löffel 2 Quentchen Bleiglätte und 15 Gran Salmiak zum Schmelzen, so bildet sich eine Verbindung von wenig Chlorblei mit viel Bleioxyd in der Form einer glänzenden, gelben, blättrigen Masse, die zerrieben ein angenehm gelbes Pulver giebt. Dieses Pulver wird unter dem Namen Cassler- oder Mineralgelb als Malerfarbe angewendet. Casslergelb.

337. Essigsaures Bleioxyd ($PbO, \overline{A} + 3HO$) bildet mit $^1/_7$ seines Gewichts Krystallwasser verbunden das wichtigste lösliche Bleisalz, den Bleizucker (198.), welcher gewöhnlich in vierseitigen Säulen krystallisirt. Beim Liegen an der Luft wird durch deren Kohlensäure etwas Essigsäure ausgetrieben und das Salz giebt dann mit Wasser eine trübe Lösung, die aber durchsichtig wird, wenn man einige Tropfen Essigsäure zusetzt. Bleizucker.

Fig. 155.



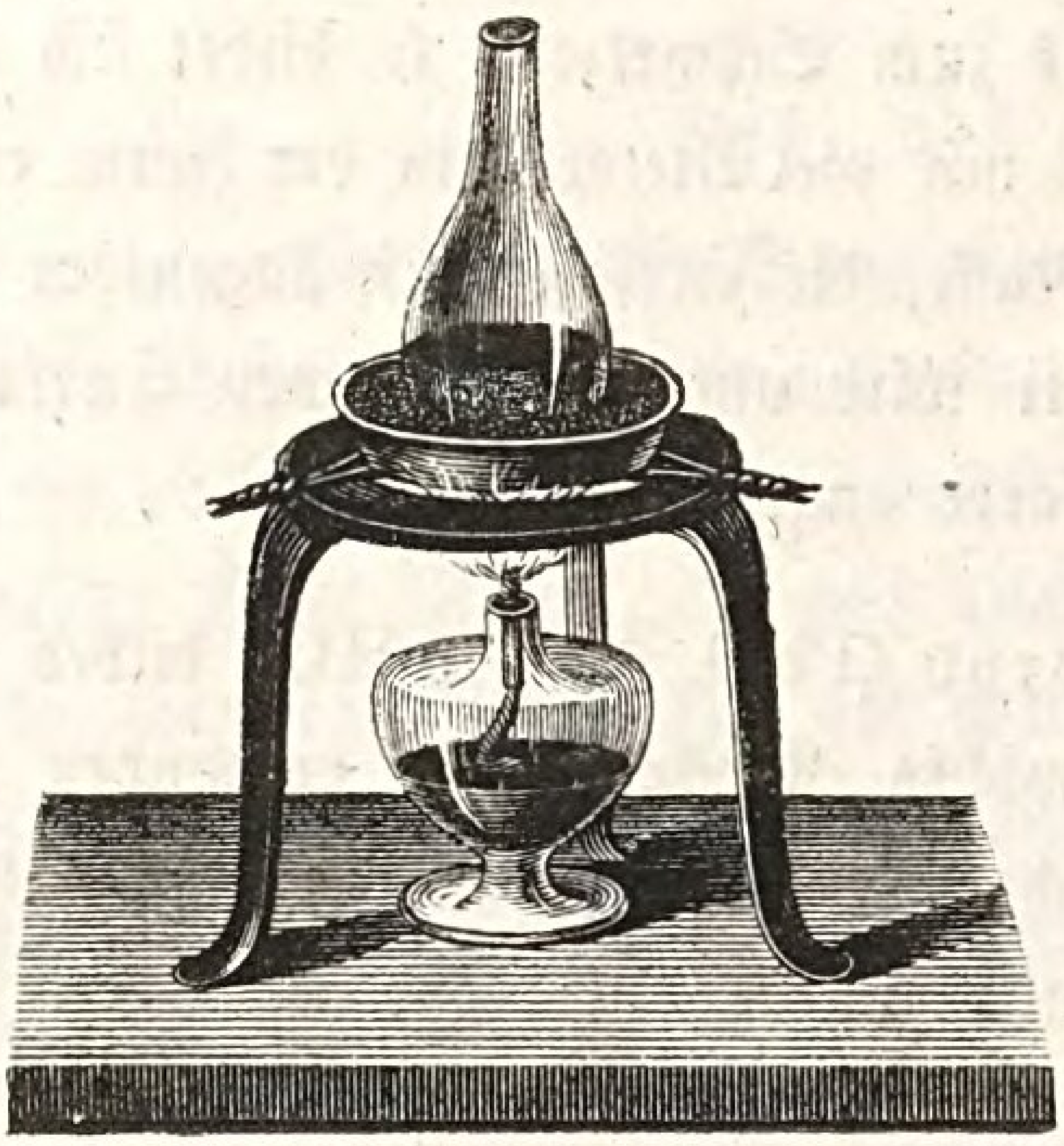
Basisch essigsaures Bleioxyd entsteht, wenn man eine Lösung von Bleizucker mit Bleioxyd digerirt, wobei noch Bleioxyd gelöst wird. In flüssiger Form findet man diese Verbindung, als Bleiessig oder Bleiextract, in den Apotheken. Mit Brunnenwasser vermischt entsteht daraus das sogenannte Goulard'sche Wasser, welches milchig aussieht, weil durch die Kohlensäure des Wassers etwas kohlensaures Bleioxyd gebildet und ausgeschieden wird. Bleiessig

338. Weinsaures Bleioxyd. **Versuch.** Man vermische eine Lösung von $2^1/_2$ Quentchen Bleizucker mit einer Lösung von 1 Quentchen Weinsäure: der entstandene weiße Niederschlag wird abfiltrirt, ausgewaschen und getrocknet; er ist unlösliches weinsaures Bleioxyd. Weinsaures Bleioxyd.

**Versuch.** Ein kleines Gläschen mit dünnem Boden wird $^1/_3$ voll trocknes weinsaures Bleioxyd gefüllt und im Sandbade über einer Pyrophor.

Pyrophor. Weingeistlampe so lange erhitzt, als noch Dämpfe entweichen. Diese riechen brenzlich und brennen mit blauer Flamme, weil viel Kohlenoxydgas in ihnen enthalten ist, welches sich beim Verkohlen der Weinsäure bildet. Die Weinsäure enthält aber so viel Kohlenstoff, daß ein Theil davon, innig gemengt mit dem entstandenen metallischen Blei, zurückbleibt. Die erhaltene schwarze Masse ist ein Pyrophor, d. h. sie entzündet sich von selbst, wenn man sie auf einen Stein ausschüttet, weil sie ihrer großen Porosität zufolge mit der größten Begierde Sauerstoff aus der Luft einsaugt. Das beim Verglühen entstehende gelbe Pulver ist Bleioxyd. Wird das Gläschen, während es noch heiß ist, verstopft, so hält sich die Zündkraft dieses Pyrophors mehre Tage lang.

Fig. 156.



Bleioxydhydrat. Bleioxydhydrat. Versuch. Setzt man zu einer Bleizuckerlösung so lange Kalilauge hinzu, als ein Niederschlag entsteht, so erhält man Bleioxydhydrat als ein lockeres weißes Pulver. Beim Erhitzen wird daraus gelbes wasserfreies Bleioxyd.

339. Kohlensaures Bleioxyd (PbO, $CO_2$).

Kohlensaures Bleioxyd; Bleiweiß. Man versetze eine Bleizuckerlösung so lange mit einer Auflösung von Soda, als ein Niederschlag entsteht: der Niederschlag ist kohlensaures Bleioxyd. Die unter dem Namen Bleiweiß bekannte Anstrichfarbe ist ebenfalls kohlensaures Bleioxyd, aber gemengt mit wechselnden Mengen von Bleioxydhydrat (basisch-kohlensaures Bleioxyd). Man bereitet dieses im Großen auf verschiedene Weise.

a. Nach der englischen Methode rührt man Bleiglätte mit

Essig zu einem Brei an, breitet diesen auf einer Steinplatte aus und bläst den Rauch von brennenden Coaks darüber hinweg, dessen Kohlensäure sich mit dem Bleioxyd verbindet. Die Essigsäure spielt hiebei eine ähnliche Vermittlerrolle, wie das Stickoxyd in den Schwefelsäurekammern: sie löst Bleioxyd auf und bietet es dann der Kohlensäure dar; hat sie die erste Portion abgegeben, so löst sie eine zweite auf ꝛc. Man begreift leicht, daß auf diese Weise eine kleine Quantität Essigsäure (oder auch Bleizucker) hinreicht, um nach und nach eine große Menge Bleiglätte in Bleiweiß umwandeln zu helfen. Englische Methode.

b. Nach der ältesten, der holländischen Methode, werden in einer Kammer eine große Menge von Töpfen, in die man etwas Essig gießt, auf eine Unterlage von Strohdünger oder Lohe gestellt, mit mehren Schichten von Bleiplatten belegt und dann auch oben mit Strohdünger zugedeckt. Nach mehren Monaten findet man die Bleiplatten, wo nicht ganz, doch zum größten Theile in Bleiweißplatten umgewandelt. Dünger ist verwesendes Stroh, Lohe verwesendes Holz; Verwesung ist eine langsame Verbrennung, oder, was dasselbe ist, eine langsame Verwandlung der organischen Körper in Kohlensäure und Wasser. Bei jeder Verbrennung oder Verwesung wird Wärme frei; diese reicht in dem vorliegenden Falle hin, den Essig allmälig zu verdampfen. In der Luft der Bleiweißkammer sind demnach zugegen: Sauerstoff, Wasserdampf, Essigdampf und Kohlensäure. Denkt man sich, diese Stoffe verbänden sich in der angegebenen Reihenfolge nach einander mit dem Blei, so gelangt man zu der Stufenleiter: 1) Bleioxyd, 2) Bleioxydhydrat, 3) essigsaures Bleioxyd, 4) basisch-kohlensaures Bleioxyd; es bildet sich also zuerst Bleioxyd, welches, ganz so wie bei der vorigen Methode, durch Vermittlung der Essigsäure in kohlensaures Bleioxyd übergeführt wird. Die feinste Sorte dieses Bleiweißes heißt Kremser Weiß. Holländische Methode.

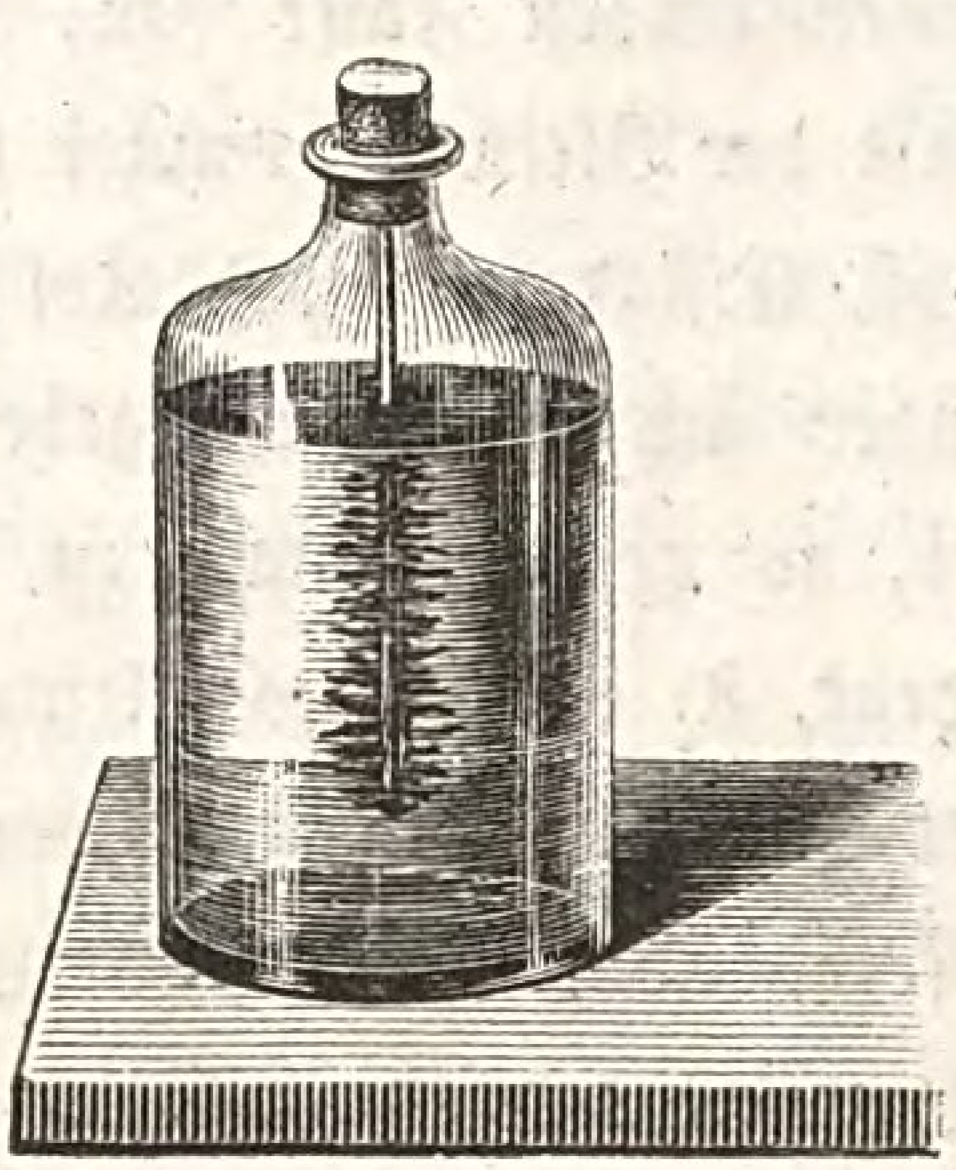
c. Bei dem französischen Verfahren wird das Bleiweiß auf nassem Wege, durch Einleiten von Kohlensäure in eine Lösung von basisch-essigsaurem Bleioxyd (Bleiessig) erzeugt. Wie man oben (337.) gesehen, kann Bleizuckerlösung noch ein zweites Atom Blei- Französische Methode.

Französische Methode. oxyd auflösen; dieses wird durch die Kohlensäure als Bleiweiß niedergeschlagen, wodurch in der Flüssigkeit wieder neutrales essigsaures Bleioxyd entsteht, welches abermals mit Glätte digerirt und nachher wieder mit Kohlensäure behandelt wird. Mit einem Pfunde Bleizucker kann man auf diese Weise nach und nach viele Pfunde Glätte auflösen und als Bleiweiß wieder niederschlagen. Das nach dieser Methode gewonnene Bleiweiß hat zwar eine blendend weiße Farbe, deckt aber beim Anstreichen nicht so gut, als das durch das englische oder holländische Verfahren dargestellte. Die billigeren Sorten erhält man durch Versetzen des Bleiweißes mit Schwerspathpulver; das letztere bleibt übrig, wenn man das Bleiweiß in verdünnter Salpetersäure auflöst. Beim Erhitzen des Bleiweißes geht Kohlensäure und Wasser fort und der gelbe Rückstand ist Bleioxyd.

Das als krystallisirtes Mineral vorkommende Weißbleierz ist natürliches kohlensaures Bleioxyd.

Bleibaum. 340. **Bleibaum. Versuch.** Man löse 1 Loth Bleizucker in 12 Loth Wasser, kläre die Flüssigkeit durch einige Tropfen Essigsäure, gieße sie in ein Medicinglas und hänge dann in letzteres einen Zinkstab hinein, den man an dem Korke befestigt: das Zink wird sich bald mit einem grauen Ueberzuge bedecken, aus dem nach und nach glänzende Metallflitter hervorwachsen, die endlich den Rand des Glases erreichen (Fig. 157). Sie bestehen aus reinem Blei (Bleibaum). Nach 24 Stunden findet sich keine Spur von Blei mehr in der Flüssigkeit gelöst, sondern dafür essigsaures Zinkoxyd; das stärkere Zink hat dem schwächeren Blei allen Sauerstoff und alle Essigsäure entzogen. An diesem Versuche sieht man nicht nur die verschiedene Affinitätsstärke dieser beiden Metalle recht deutlich, sondern er ist auch ein sehr schönes Beispiel von der stöchiometrischen Gesetzmäßigkeit der

Fig. 157



chemischen Verbindungen und Zersetzungen; denn man hat nur nöthig, das gebildete Blei und die Zinkstange vor und nach dem Versuche zu wägen, um zu finden, daß das Gewicht des ausgeschiedenen Bleies sich zu dem Zinkverluste wie 1295 zu 407 verhält. 1 Atom Blei ist also durch 1 Atom Zink ersetzt worden. Bleibaum.

## Blei und Schwefel.

341. Schwefelblei (PbS). Versuch. Zu einer Bleizuckerlösung wird Schwefelwasserstoffwasser gegossen: der tiefschwarze Niederschlag ist Schwefelblei (133.); 1 Gran Bleizucker, in 2 Pfund Wasser gelöst, verräth sich auf diese Weise noch durch eine braune Farbe; wir haben in dem Schwefelwasserstoffwasser sonach ein höchst empfindliches Reagens auf Bleisalze. Blei und Schwefel.

In dieser Verbindung, nämlich als Schwefelblei, finden wir das Blei am häufigsten in der Natur, und aus ihr allein wird im Großen das metallische Blei dargestellt. Man nennt dieses Bleierz Bleiglanz und erkennt es leicht an seiner grauschwarzen, glänzenden Farbe, seiner Würfelform und seiner außerordentlichen Schwere. Bleiglanz.

342. Darstellung von Blei. Der Schwefel ist in den Schwefelmetallen so fest mit den Metallen verbunden, daß es nicht möglich ist, ihn so leicht wie den Sauerstoff, z. B. durch Glühen mit Kohle, wegzuschaffen. Man muß deswegen einen Umweg einschlagen, nämlich das Schwefelmetall zuerst in ein Sauerstoffmetall oder Oxyd umwandeln (Röstung) und dann dem Oxyde den Sauerstoff entziehen (Reduction). Zu dem Ende erhitzt man den Bleiglanz anhaltend bei Luftzutritt, wodurch sowohl dessen Blei als dessen Schwefel sich mit Sauerstoff verbinden. Aus Blei wird Bleioxyd, welches zurückbleibt; aus Schwefel wird schweflige Säure, welche entweicht; nächstdem erzeugt sich auch etwas schwefelsaures Bleioxyd. Der geröstete Bleiglanz besteht demnach im Wesentlichen aus Bleioxyd (nebst etwas schwefelsaurem Bleioxyd); man braucht dieses jetzt nur mit Kohle in einem Flammen- oder Schachtofen zu erhitzen, um metallisches Blei daraus auszuschmelzen (Bleiarbeit). Darstellung von Blei.

Darstellung von Blei. Ein zweiter Weg, das Blei vom Schwefel zu befreien, besteht darin, daß man den Bleiglanz mit einem Metalle erhitzt, welches größere Affinität zum Schwefel hat und sich an die Stelle des Bleies setzt. Ein solches Metall ist das Eisen. Aus Schwefelblei und Eisen wird Schwefeleisen und Blei. Das Eisen wirkt also hier gerade so wie das Zink bei der Entstehung des Bleibaums; 1 At. Eisen vertritt 1 At. Blei, man kann daher mit 350 Pfund Eisen 1295 Pfund metallisches Blei ausscheiden oder niederschlagen (**Niederschlagarbeit**).

Bleischrot. 343. **Bleischrot.** Will man das Blei körnen, so gießt man es, wie beim Zink angegeben, durch einen Besen in Wasser. Aehnlich ist das Verfahren bei der Bereitung von **Schrot**, nur nimmt man hiezu statt des Besens einen eisernen Durchschlag und läßt die Bleitropfen von einer solchen Höhe herabfallen, daß sie erstarrt sind, ehe sie das Wasser erreichen. Für die gröbsten Nummern von Schrot braucht man Thürme von mehr als 100 Ellen Höhe. Gewöhnlich setzt man dem Blei ein wenig Arsenik zu, weil es dann vollkommnere runde Tropfen bildet. Da Blei und Arsenik ein Paar Feinde der menschlichen Gesundheit sind, so sollte man Schrot nicht mehr zum Ausspülen der Flaschen anwenden.

## Wismuth, Bismuthum (Bi).

(At.-Gew. = 2660. — Specif. Gew. = 9,8.)

— Seit nahezu 3 Jahrhunderten bekannt. —

Wismuth; Bi. 344. Das **Wismuth** ist vorzugsweise ein sächsisches Metall, welches häufig die Kobalterze begleitet und sich, wie schon erwähnt, beim Verschmelzen dieser Erze zu Smalte, zugleich mit dem selten darin fehlenden Nickel, als Kobaltspeise absondert. Aus dieser, wie auch aus den Wismutherzen selbst, gewinnt man das Metall auf eine überaus einfache Weise. In der Speise, wie in den Erzen, befindet es sich nämlich in gediegenem Zustande, und in diesem schmilzt es schon bei einer Hitze, die nur 2½mal stärker zu sein braucht als die

*Wismuth Bi.*

des kochenden Wassers; man hat also nur nöthig, die ersteren auf einer geneigten Platte gelind zu erhitzen; das Wismuth schmilzt dann und fließt unten ab, während die anderen Metalle oder Erze, nebst der Gangart, ungeschmolzen zurückbleiben. Man nennt diese Art der Metallgewinnung eine Aussaigerung. Das Wismuth ist spröde, hat ein krystallinisch-blättriges Gefüge und eine röthlich-weiße Farbe

## Versuche mit Wismuth.

*Wismuth in der Hitze.*

345. **Versuch.** Man erhitze ein Stückchen Wismuth auf einer Kohle vor dem Löthrohre: es schmilzt unter Funkensprühen und verdampft bei größerer Hitze unter lebhaftem Kochen; ein Theil des Dampfes verdichtet sich dabei auf der Kohle und überzieht sie mit einem gelben Pulver; dieses ist Wismuthoxyd ($BiO_3$). Wirft man die glühende Kugel in ein aus Papier zusammengefaltetes Kästchen, so zertheilt sie sich in viele kleine Kügelchen, die einige Augenblicke glühend umherspringen. Der Knoblauchgeruch, der sich oft beim Erhitzen zeigt, rührt von Arsenik her, von dem sich kleine Quantitäten fast in jedem käuflichen Wismuth vorfinden.

*Leichtflüssiges Metall.*

346. **Versuch.** Man schmelze in einem Löffel 2 Quentchen Wismuth mit 1 Quentchen Blei und 1 Quentchen Zinn zusammen; die erhaltene Legirung hat die höchst merkwürdige Eigenschaft, daß sie, in kochendes Wasser geworfen, vollkommen flüssig wird. Wismuth schmilzt bei 260°, Blei bei 330°, Zinn bei 230° C., und das Gemisch aus diesen drei Metallen schon unter 100° C. Vermehrt man den Zusatz des Bleies, so kann man sich leichtflüssige Legirungen für jede beliebige Temperatur über 100° C. darstellen. Solche wendet man zuweilen als Sicherheitsplatten bei Dampfkesseln an Mit der Spannung des Dampfes im Kessel steigt auch die Hitze des Dampfes, man hat also nur die anzuwendende Legirung so auszuwählen, daß sie bei einer etwa eintretenden übermäßigen Vermehrung des Dampfes eher durch die Hitze des Dampfes geschmolzen wird, als ein Reißen der Kesselwände stattfinden kann. Da diese Legirungen in geschmolzenem Zustande das Holz nicht verbrennen, so eignen sie sich auch sehr

Leichtflüssiges Metall. gut, um von gravirten Holzformen metallene Abdrücke für den Buch- und Zeugdruck zu machen. Nach dem Erfinder heißt diese Legirung auch Rose'sches Metall.

Wismuth und Salpetersäure. 347. Versuch. Am leichtesten wird das Wismuth von der Salpetersäure oxydirt und aufgelöst. Man löse etwas Wismuth unter mäßiger Erwärmung in dieser Säure auf und gieße die Lösung unter eine große Menge kalten Wassers: es wird eine starke Trübung und bei ruhigem Stehen ein weißer Niederschlag entstehen, der nur noch ⅓ so viel Salpetersäure enthält, als das neutrale Salz ($BiO_3$, $3\,NO_5$), welches aus der Wismuthlösung herauskrystallisirt, wenn man sie erkalten läßt. Dieses Pulver heißt basisch oder drittel-salpetersaures Wismuthoxyd. Bei Anwendung von heißem Wasser erhält man eine noch basischere Verbindung, die als Arzneimittel Anwendung findet. In der Flüssigkeit bleibt wenig Wismuthoxyd mit viel Salpetersäure aufgelöst. Der Strich durch die nebenstehenden Formeln giebt die hiebei stattfindende Zersetzung an, die insofern ein allgemeines Interesse hat, als sie zeigt, daß durch die größere oder geringere Verdünnung mit Wasser allein die Affinitäten der Körper zu einander verändert werden können.

| saures Salz, | löslich. |
|---|---|
| $Bi\,O_3$, | $3\,NO_5$ |
| $Bi\,O_3$, | $3\,NO_5$ |
| $Bi\,O_3$, | $3\,NO_5$ |
| $Bi\,O_3$, | $3\,NO_5$ |
| basisches Salz, | unlöslich. |

An diesem Verhalten gegen Wasser können die Wismuthsalze erkannt werden. Tröpfelt man zu der beim vorigen Versuche verbliebenen Flüssigkeit Schwefelwasserstoffwasser, so erhält man einen braunschwarzen Niederschlag von Schwefelwismuth.

## Kupfer, Cuprum (Cu).

(At.-Gew. = 397. — Specif. Gew. = 8,8.)

— Im Alterthume noch vor dem Eisen bekannt. —

Kupfer; Cu. 348. Das Kupfer holte man sich im Alterthume hauptsächlich von der Insel Cypern, wo sich Kupfererze in großer Menge vorfan-

den; hieraus erklärt sich der Name Cuprum oder cyprisches Metall. Als man es später für gut fand, den Metallen mythologische Namen beizulegen, erhielt das Kupfer den Namen der Schutzgöttin von Cypern, Venus, und deren Zeichen ♀. Das Kupfer besitzt mehre vortreffliche Eigenschaften, die es zu einem überaus nützlichen Metalle gemacht haben, nämlich: Kupfer Cu.

a) Es ist dehnbar und dabei zugleich sehr haltbar und zähe; man kann es daher zu Blech aushämmern, welches, selbst wenn es sehr dünn ist, doch noch fest zusammenhält. Eigenschaften.

b) Es schmilzt schwer (erst bei einer Hitze über 1000° C.); deswegen eignet es sich vortrefflich zu Geräthen, die dem Feuer ausgesetzt werden sollen, z. B. zu Kesseln, Pfannen, Blasen, Gußformen 2c.

c) Es leidet an der Luft durch Rosten viel weniger als Eisen; die kupfernen Geschirre haben deswegen eine viel längere Dauer als die eisernen. Mit Kupferblech beschlägt man das Holz der Seeschiffe und die Dächer von Thürmen und anderen Gebäuden.

d) Es ist ziemlich hart und nutzt sich daher beim Gebrauche zu Kupferstichplatten und Druckwalzen nur langsam ab.

e) Es giebt mit Zink, Zinn und Nickel sehr brauchbare Legirungen, z. B. Messing, Tombak, Bronze, Glockenspeise, Kanonenmetall, Neusilber 2c.

f) Es wird aus seinen Lösungen durch den galvanischen Strom als eine feste, zusammenhängende Masse niedergeschlagen; auf diese Weise stellt man sich die in neuerer Zeit so bekannt gewordenen galvanoplastischen Abdrücke von anderen Körpern dar.

g) Es liefert mit Sauerstoff und mehren Säuren unlösliche Verbindungen von schön grüner und blauer Farbe, die vielfach in der Malerei benutzt werden.

Obwohl das Kupfer keinen Geruch besitzt, so ertheilt es doch schweißigen Händen und dem Wasser, das lange (z. B. in kupfernen Blasen oder Kesseln) darin gestanden hat, einen eigenthümlichen unangenehmen Geruch.

## Versuche mit Kupfer.

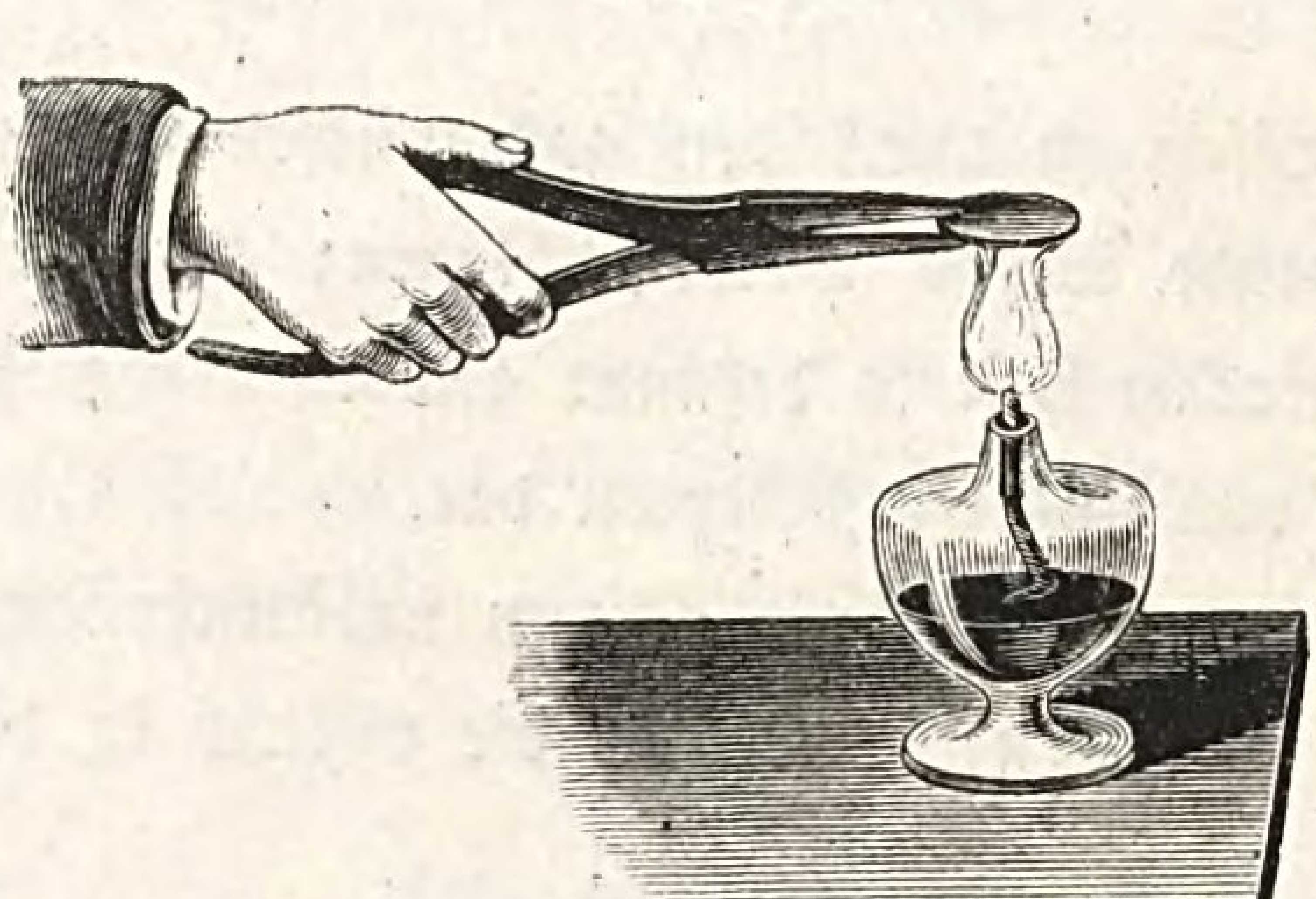
Kupfer an der Luft.

349. An feuchter Luft wird das Kupfer langsam grau, später grün (natürlicher Grünspan); es zieht dabei, ähnlich dem Zink, nicht bloß Sauerstoff und Wasser, sondern auch Kohlensäure aus der Luft an; der grüne Ueberzug ist basisch oder ½ kohlensaures Kupferoxydhydrat. In Sibirien kommt dieselbe Verbindung in ganzen Lagern in der Erde vor und heißt dann Malachit. Aus ihr hauptsächlich wird das berühmte russische Kopeken-Kupfer gewonnen; auch benutzt man die schön marmorirten Arten davon wie den Marmor zu Kunstsachen und zur Verzierung von Palästen 2c. Tritt zu diesem grünen Körper noch mehr Kohlensäure, so nimmt er eine schön blaue Farbe an und wird zu ⅔ kohlensaurem Kupferoxyd, welches gleichfalls als ein Kupfererz, unter dem Namen Kupferlasur, natürlich vorkommt. Das künstlich dargestellte heißt Bergblau und wird als Malerfarbe gebraucht, besonders in der Stubenmalerei, da seine Farbe durch den Kalk der Wände nicht verändert wird, wie die des Berlinerblau's.

Kupfer in der Hitze.

350. Kupferoxydul ($Cu_2O$). **Versuch.** Man halte eine blank geriebene Kupfermünze über eine Weingeistflamme es tritt ein Farbenwechsel von Gelb in Purpurroth, Violett und Blau ein, der endlich mit Schwarzgrau endigt. Besonders schön zeigen sich diese Regenbogenfarben, wenn man die Münze mit dem Rande nach oben gekehrt mitten in die Flamme hineinhält und sie darin hin- und herbewegt: in dem Kerne der Flamme verschwindet dann der Ueberzug, er kommt aber augenblicklich wieder zum Vorschein, so

Fig. 158.



wie die Münze in den äußeren Mantel der Flamme oder außerhalb desselben gelangt. Löscht man jetzt die Münze schnell in Wasser ab, so wird sie braunroth; dieser rothe Ueberzug ist Kupferoxydul. Man bringt auf Kupfer-Medaillen einen solchen Ueberzug oft absichtlich hervor, weil er an der Luft unveränderlicher ist als das glänzende Kupfermetall (Bronziren des Kupfers, Bronzemedaillen). Wirft man Kupferoxydul in schmelzendes Glas, so färbt sich dieses blutroth; auf diese Weise erzeugt man in den Glashütten das schöne rothe Ueberfangglas. Hieraus erklärt sich auch die rothe Farbe der beim Aus- und Umschmelzen des Kupfers entstehenden Schlacken. Das Rothkupfererz ist natürlich vorkommendes Kupferoxydul. Kupferoxydul $Cu_2O$.

351. Kupferoxyd (CuO). Wird die Kupfermünze einige Zeit in der Spitze der Flamme gelassen, so bekommt sie ein schwarzes Ansehen; es bildet sich Kupferoxyd, welches eine schwarze Farbe hat und noch einmal so viel Sauerstoff enthält als das rothe Oxydul. Beim schnellen Ablöschen springt das Oxyd ab und das rothe Ansehen der Münze zeigt, daß unter der Oxydschicht auch noch Oxydul zugegen ist. Durch langes Erhitzen läßt sich die ganze Masse der Münze in Oxydul, durch noch längeres endlich vollständig in Oxyd verwandeln. Der in den Werkstätten der Kupferschmiede abfallende Glühspahn (Kupferhammerschlag) besteht aus einem Gemenge von Oxydul mit Oxyd. Kupferoxyd; Cu O.

Versuch. Man reibe ein wenig Borax mit einem Krümelchen des abgesprungenen schwarzen Kupferoxyds zusammen und schmelze daraus mit dem Löthrohre auf einem Platindrahte eine Perle: das Kupferoxyd wird sich in dem Boraxglase auflösen und dasselbe grün färben. Auch hievon macht man Anwendung in der Glas- und Porzellanmalerei. In der inneren Flamme geht das Grün in Roth über, weil daselbst das Kupferoxyd zu Kupferoxydul reducirt wird. Kupferoxyd und Borax.

Auch auf nassem Wege lassen sich die Oxyde des Kupfers leicht darstellen, dann haben sie aber eine ganz andere Farbe.

Kupferoxydhydrat.

352. Kupferoxydhydrat ($CuO, HO$). Versuch. Zu einer Lösung des bereits bekannten Kupfervitriols oder schwefelsauren Kupferoxyds tröpfle man eine Auflösung von kaustischem Kali; ein grünlichblaues Pulver fällt nieder, es ist Kupferoxydhydrat. Das schwarze Oxyd giebt also chemisch mit Wasser verbunden einen blauen Körper. Mit Gyps versetzt bildet dieser das bekannte lockere Bremerblau. Man koche einen Theil der Flüssigkeit: sie wird schwarz werden, weil bei der Kochhitze die Verbindung zwischen dem Kupferoxyd und dem Wasser aufgehoben wird, abermals ein Beispiel, wie durch bloße Temperaturerhöhung eine chemische Verbindung zerlegt wird.

Kupferoxyd und Ammoniak.

353. Kupferoxydammoniak. Versuch. Man wiederhole den vorigen Versuch, nehme aber statt Kali Ammoniak: auch hier fällt erst Kupferoxydhydrat nieder, dieses wird aber durch mehr Ammoniak zu einer prachtvoll blauen Flüssigkeit aufgelöst. Ammoniak ist deshalb ein Reagens auf Kupfersalze. Auf die blaue Flüssigkeit wird reichlich ebenso viel starker Weingeist am Rande des Glases herabgegossen, so daß er auf der ersteren schwimmen bleibt: man wird nach 24 Stunden eine Menge dunkelblauer Krystallnadeln im Glase wahrnehmen, die aus einer Verbindung von Kupfervitriol mit Ammoniak bestehen und schwefelsaures Kupferoxydammoniak genannt werden. Durch Auflösen derselben in Wasser erhält man das sogenannte Blauwasser der Apotheken. Der Weingeist bewirkt dasselbe, was man sonst durch Einkochen erreicht, nämlich eine Entfernung des Wassers; er entzieht der blauen Flüssigkeit einen Theil ihres Wassers, und das Doppelsalz, welches in Weingeist unlöslich ist, wird ausgeschieden. Auf diese Weise kann man auch anderen Salzlösungen ihr Wasser entziehen, die beim Verdampfen des Wassers durch Wärme eine Zersetzung erleiden würden.

Kupferoxyd und Zucker.

354. Versuch. Zu einer verdünnten Lösung von Kupfervitriol setze man ein wenig gestoßenen Milchzucker und dann etwas mehr Kalilösung als zum Niederschlagen des Kupferoxydhydrats nöthig

ist, und erwärme das Gemisch: die blaue Farbe wird bald in eine gelbrothe übergehen. Der entstandene gelbrothe Niederschlag ist Kupferoxydul, welches aus dem Kupferoxyd entsteht, weil der Zucker im Stande ist, diesem die Hälfte Sauerstoff zu entziehen. Schöner roth erhält man dasselbe, wenn man Grünspan mit Essig kocht und zu der erhaltenen Lösung etwas Honig bringt und abermals kocht. Es erklärt sich hieraus leicht, warum sich aus dem Oxymel Aeruginis der Pharmacie immer ein rother Absatz bildet; bei dieser langsamen Ausscheidung erscheint derselbe oft in deutlichen kleinen Krystallen. Kupferoxyd und Zucker.

## Reduction der Kupferverbindungen zu Metall.

355. **Versuch.** Man verreibe einige Gran Kupfervitriol, Soda und Kohle mit einander, erhitze das Gemenge einige Minuten lang stark mit dem Löthrohre auf Kohle, und schlemme dann die zerriebene schwarze Masse mit Wasser; auf dem Boden des Gefäßes werden zahllose kleine Flitterchen von metallischem Kupfer übrig bleiben. Die Soda entzieht dem Kupfervitriol seine Schwefelsäure, die Kohle dem Kupferoxyd seinen Sauerstoff. Reduction durch Kohle.

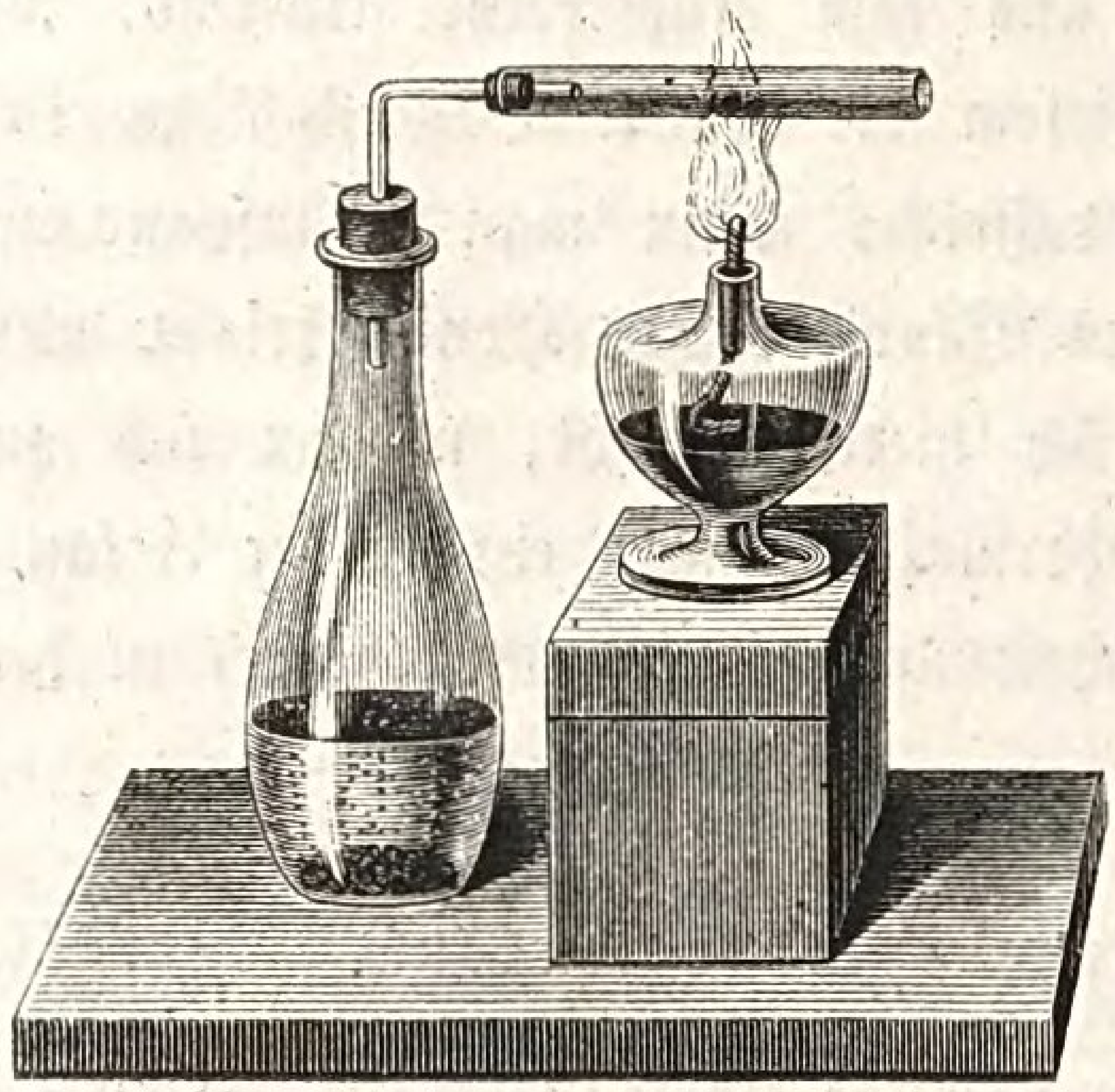
356. **Versuch.** Wird in einem Porzellanschälchen 1 Loth Kupfervitriol mit 3 Loth Wasser zum Sieden erhitzt und dann noch einige Minuten lang mit etwas granulirtem Zink gekocht, so scheidet sich gleichfalls metallisches Kupfer, und zwar in Pulverform aus, da das Zink eine größere Affinität zum Sauerstoff und zur Schwefelsäure hat, als das Kupfer. Das erhaltene Pulver wird abgewaschen und dann noch mit Wasser und einigen Tropfen Schwefelsäure ausgekocht, um alles Zink zu entfernen. Das Trocknen desselben muß rasch, aber nicht bei starker Wärme vorgenommen werden, da das Kupfer in dieser feinzertheilten Gestalt den Sauerstoff begieriger anzieht, als wenn es compacte Massen bildet. Reduction durch Zink.

357. **Versuch.** Man schütte etwas Kupferoxydhydrat in ein Probirgläschen, dessen Boden durchbrochen ist, erwärme es und leite Reduction durch Wasserstoff.

Reduction durch Wasserstoff.

dann Wasserstoffgas, welches aus Zink und verdünnter Schwefelsäure entwickelt wird,

Fig. 159.



darüber hinweg: der Wasserstoff entzieht in der Hitze dem Kupferoxyd seinen Sauerstoff und bildet damit Wasser, welches gemeinschaftlich mit dem Hydratwasser entweicht. Diese Methode benutzt man häufig, um im Kleinen Metallreductionen vorzunehmen.

Reduction durch den galvanischen Strom.

358. **Versuch.** Man stoße mit einer eisernen Stange so stark in ein größeres Opodeldocglas, daß der Boden desselben abspringt, stumpfe die scharfen Ränder der entstandenen Oeffnung mit einer Feile ab und überbinde die ursprüngliche Oeffnung des Glases mit angefeuchteter Blase. Um das Glas wird ein Draht gelegt, den man so fest zusammendreht, daß er genau an dem Glase anschließt (Fig. 160) und zugleich auf zwei oder drei Seiten Handhaben bildet, mittelst deren dasselbe in ein Trinkglas gehangen werden kann.

Fig. 160.



Fig. 161.

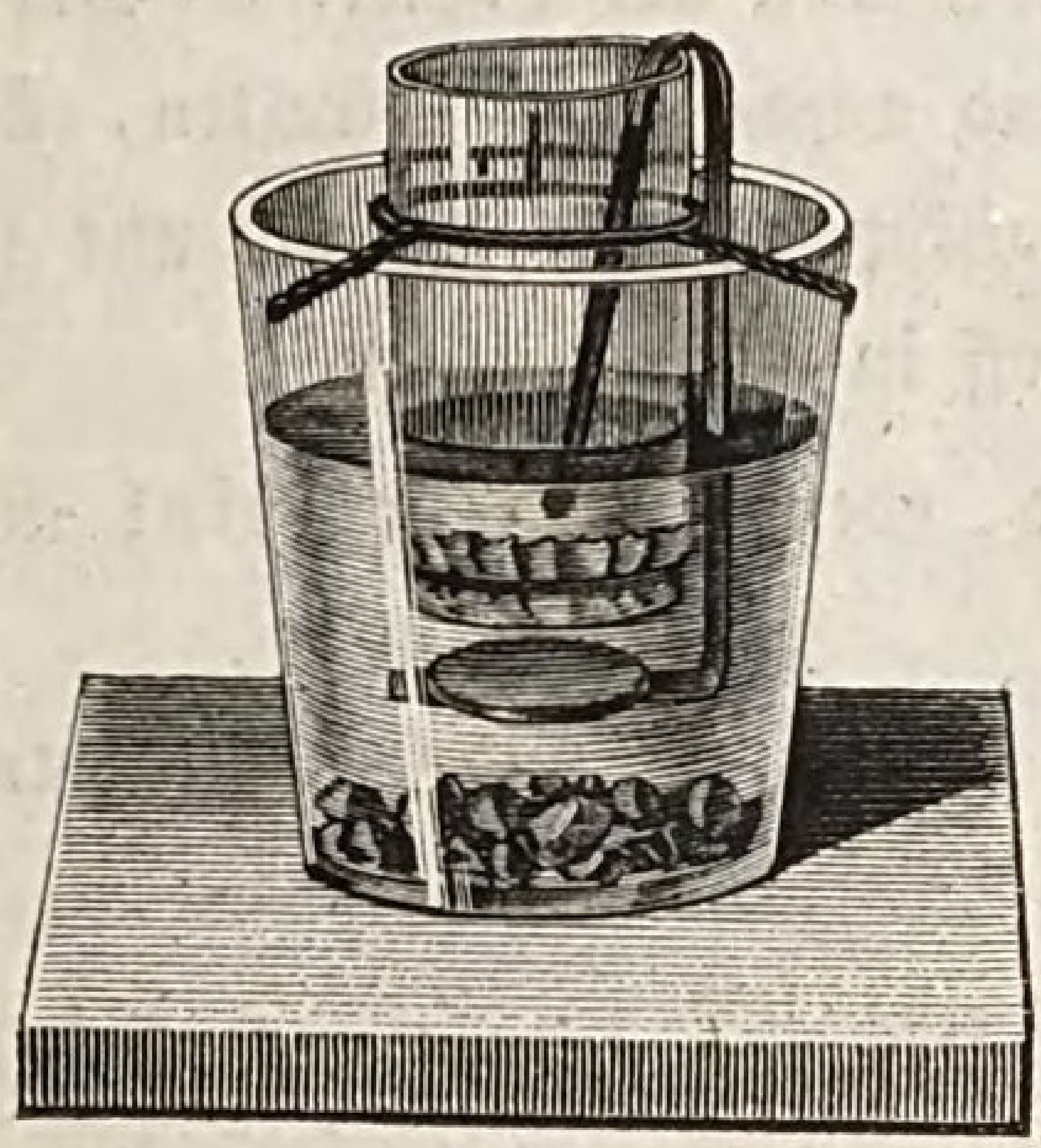


Außerdem lasse man sich einen fingerbreiten und 5 Zoll langen Streifen von starkem Zinkblech mit einem 10 Zoll langen Streifen von dünnem Kupferblech zusammenlöthen und biege das erhaltene Blechband so, wie es Fig. 161 angiebt. Auf den unteren, horizontalen Theil des Kupferstreifens legt man eine Münze, z. B. einen blanken Thaler, oder einen anderen

Gegenstand von Metall, von dem man einen Kupferabdruck haben will. Da, wo sich kein Kupfer ansetzen soll, überzieht man Münze und Blech mit etwas Wachs oder Talg. Nun füllt man das Opodeldocgläschen bis zu ¾ mit sehr verdünnter Schwefelsäure (auf 4 Loth Wasser 1 Quentchen Schwefelsäure), stellt das Zink hinein und hängt den Apparat in ein Trinkglas, in das man gesättigte Kupfervitriollösung und außerdem noch einige ganze Krystalle von Kupfervitriol gebracht hat. Die Münze wird schon nach einigen Minuten mit einem dünnen Häutchen von metallischem Kupfer bedeckt sein, nach einigen Tagen aber mit einer mehre Linien dicken Schicht, die man als ein zusammenhängendes Ganze abnehmen kann. Der erhaltene vertiefte Abdruck kann auf gleiche Weise wieder statt der Münze als Form benutzt werden, um einen erhabenen Abdruck zu gewinnen. Hat die Gasentwickelung in dem Opodeldocgläschen aufgehört, so setzt man einige Tropfen starke Schwefelsäure unter Umrühren hinzu, oder ersetzt die Flüssigkeit, die schwefelsaures Zinkoxyd aufgelöst enthält, durch frische verdünnte Schwefelsäure. Statt der Schwefelsäure kann auch Salzwasser angewendet werden, nur erfolgt dann die Kupferausscheidung langsamer.

Reduction durch den galvanischen Strom.

Fig. 162.



Was hier die Zersetzung des Kupfervitriols bewirkt, das ist der galvanische Strom, der sich immer erzeugt, wenn verschiedenartige Metalle sich berühren oder in verschiedene Flüssigkeiten getaucht werden. Die Blase ist ein poröser Körper, durch welchen die galvanische Strömung durchzugehen vermag. Der Galvanismus vertritt also hier die Stelle des bildenden Künstlers, daher der Name Galvanoplastik. Auf ähnliche Weise wird auch eine Gold- oder Silberlösung zerlegt (galvanische Vergoldung und Versilberung).

## Kupfer und Säuren.

Kupfer und Salzsäure.

359. Chlorkupfer (Cu Cl). Versuch. Wird Kupferasche mit Salzsäure übergossen, so erhält man eine grüne Lösung und daraus durch Abdampfen ein grünes Salz, Chlorkupfer oder salzsaures Kupferoxyd. Man bringe etwas davon in den Docht einer Weingeistlampe: es löst sich im Weingeist auf und färbt die Flamme grün; man schreibe mit einer sehr verdünnten Lösung auf Papier: die Schrift ändert ihre Farbe beim Erwärmen, und wieder beim Erkalten, ähnlich wie Chlorkobalt (308.). Das metallische Kupfer löst sich nur sehr langsam und bei Zutritt von Sauerstoff in Salzsäure auf.

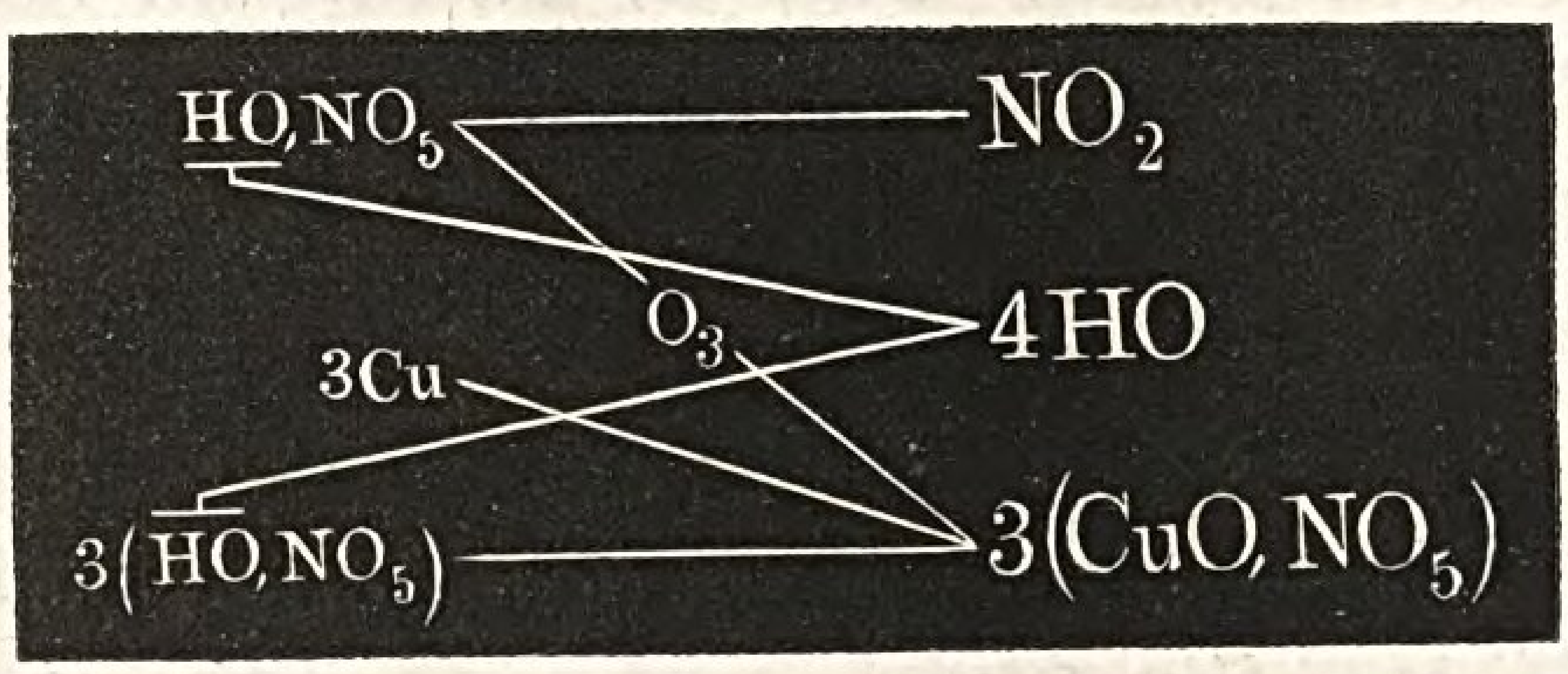
Schwefelsaures Kupferoxyd oder Kupfervitriol siehe 175.

Arsenigsaures Kupferoxyd (Mineral- und Schweinfurter Grün) siehe 413.

360. Salpetersaures Kupferoxyd (CuO, $NO_5 + 5\,HO$).

Kupfer und Salpetersäure.

In Salpetersäure löst sich das Kupfer mit der größten Leichtigkeit zu einer blauen Flüssigkeit auf (162.); durch Hinstellen der Lösung an einen warmen Ort setzen sich daraus blaue Krystalle von salpetersaurem Kupferoxyd ab, die an der Luft zerfließen. Der beim Auflösen des Kupfers wie der meisten anderen Metalle in Salpetersäure stattfindende Vorgang wird durch das beistehende Schema erläutert.




flüchtig.

nicht flüchtig.

Daß das dabei entweichende Stickoxydgas, so wie es an die Luft tritt, zu salpetriger Säure wird, ist bekannt.

Versuch. Man wickle einige Krystalle von salpetersaurem Kupferoxyd, mit einem Tropfen Wasser angefeuchtet, schnell in ein Blätt-

chen von **Stanniol** ein und lege das zusammengedrückte Päckchen auf einen Stein: es wird bald unter Aufsprudeln Flamme und Rauch aus demselben hervorbrechen, weil das Zinn sich der Salpetersäure bemächtigt und durch deren Sauerstoff zu Zinnoxyd oxydirt wird. Kupfer und Salpetersäure.

Mit Phosphorsäure, Oxalsäure und Kieselsäure giebt das Kupferoxyd, ähnlich wie mit der Kohlensäure, unlösliche blaue oder grüne Verbindungen.

361. Grünspan. **Versuch.** Besprengt man eine Kupfermünze von Zeit zu Zeit mit Essig, so überzieht sie sich nach und nach mit Grünspan; dies ist aber eine andere Art von Grünspan als der 349. erwähnte. Rostet Kupfer durch die Feuchtigkeit der Luft oder der Erde allein, so entsteht basisch kohlensaures Kupferoxyd, beim Rosten durch Essig aber basisch essigsaures Kupferoxyd. Das letztere ist der im Handel vorkommende Grünspan. Man bereitet ihn im Großen entweder direct aus Kupfer und Essig (grüner oder deutscher Grünspan) oder indirect durch Einpacken von Kupferblech in Weintrester, wobei der in den ausgepreßten Schalen oder Stielen der Trauben hängengebliebene Saft allmälig in Essig übergeht (blauer oder französischer Grünspan). Kocht man den Grünspan mit Essig, so erhält man eine blaue Lösung, aus der sich beim Erkalten dunkelgrüne Krystalle von neutralem essigsauren Kupferoxyd ($CuO, \overline{A} + HO$) absetzen (krystallisirter oder destillirter Grünspan). Kupfer und Essigsäure.

Grünspan ist, wie alle Kupfersalze, sehr giftig; als wirksame Gegenmittel sind in Vergiftungsfällen Eiweiß und Milch anzuwenden. Zur Entdeckung der Kupfersalze dienen: blankes Eisen, Ammoniak, Schwefelwasserstoff und insbesondere Kaliumeisencyanür (292, c.). Kupfersalze sind giftig.

## Kupfer und Schwefel

362. **Versuch.** Zu der Lösung irgend eines Kupfersalzes wird Schwefelwasserstoffwasser gegossen: es erfolgt ein schwarzer Niederschlag von Schwefelkupfer ($CuS$. 131.). Diesen erhitzt man, nach- Kupfer und Schwefel.

Kupfer und Schwefel.

dem er sich zu Boden gesetzt hat und das Flüssige abgegossen worden ist, mit einigen Tropfen Salpetersäure oder Salzsäure: das Schwefelkupfer wird zerlegt und aufgelöst, indem sich salpetersaures oder salzsaures Kupferoxyd bildet. Man wendet diese Methode im Kleinen, insbesondere in der Analyse, allgemein an, um die Schwefelmetalle in auflösliche Salze umzuwandeln.

Gewinnung von Kupfer.

363. **Darstellung von Kupfer.** Das **Schwefelkupfer** ist das wichtigste Erz, aus dem wir das Kupfer gewinnen. Wir finden dasselbe aber selten rein (Kupferglanz), sondern meistens mit Schwefeleisen verbunden, als **Kupferkies**. Hiedurch wird der Reductions- und Schmelzproceß sehr erschwert, denn es muß dabei nicht nur der Schwefel, sondern auch das Eisen weggeschafft werden. Dies erreicht man: 1) durch Rösten an der Luft, wobei das Kupfer sich in Kupferoxyd, das Eisen in Eisenoxyduloxyd, der Schwefel in schweflige Säure verwandelt; 2) durch Niederschmelzen des gerösteten Erzes mit Kohle und Quarz, wobei aus dem Kupferoxyd und der Kohle Kupfermetall und Kohlenoxydgas, aus dem Eisenoxydul und dem Quarz aber kieselsaures Eisenoxydul (Eisenglas oder Schlacke) gebildet werden. Was hier so einfach erscheint, erfolgt aber in der Wirklichkeit so schwierig, daß oft ein 10—20maliges abwechselndes Rösten und Schmelzen dazu gehört, um alles Eisen und allen Schwefel zu entfernen. Die geschmolzene Masse, die man erhält, wenn ungefähr die Hälfte Eisen und Schwefel abgeschieden ist, wird **Kupferstein** genannt; **Schwarzkupfer** aber dann, wenn sie von diesen beiden Stoffen nur noch ungefähr 5 Proc. enthält. Das Schwarzkupfer wird durch längeres Schmelzen an der Luft, wobei sich Eisen, Schwefel und die etwa außerdem vorhandenen fremden Metalle, z. B. Blei und Antimon, eher oxydiren als das Kupfer, vollends gereinigt oder gar gemacht. Ist das Schwarzkupfer silberhaltig, so wird es noch dem Saigerungsprocesse unterworfen.

Ungleich leichter ist freilich das Ausschmelzen aus denjenigen Kupfererzen, die statt mit Schwefel, mit Sauerstoff verbunden sind,

da diese schon beim bloßen Erhitzen mit Kohle Kupfermetall geben; solche Erze kommen aber lange nicht häufig genug in der Natur vor, um daraus so viel Kupfer zu gewinnen, als man braucht.

364. Kupferlegirungen. Das Kupfer bildet mit mehren anderen Metallen sehr wichtige Legirungen. Kupfer und andere Metalle.

Gold und Kupfer geben zusammen das gewöhnliche Gold, Silber und Kupfer das gewöhnliche Silber, woraus die Gold- und Silberwaaren und Münzen gemacht werden.

Aus Zink und Kupfer besteht das bekannte Messing und andere goldähnliche Metallcompositionen, als: Tombak, Similor, Neugold, Prinzmetall, Rothguß u. s. w. Durch Ausschlagen des Tombaks zu ganz feinen Blättchen erhält man das unächte Blattgold (Goldschaum); durch Zertheilung dieses Blattgoldes zu einem zarten Staube die sogenannte Goldbronze für den Buch- und Steindruck. Wird das goldfarbene Bronzepulver gelind erhitzt, bis es purpurroth angelaufen ist, so entsteht daraus die Purpur- oder Kupferbronze.

Zink, Nickel und Kupfer bilden die Bestandtheile des Neusilbers (Packfong oder Argentan).

Zinn und Kupfer geben eine sehr harte graue Legirung, aus der man Bildsäulen, Kanonen, Glocken, Spiegel u. a. m. gießt (Bronze, Kanonenmetall, Glockenspeise, Spiegelmetall).

## Quecksilber, Hydrargyrum (Hg).

(At.-Gew. = 1250. — Specif. Gew. = 13,6.)

— Schon im Alterthume bekannt. —

365. In dem Quecksilber haben wir das einzige Metall, welches bei gewöhnlicher Temperatur flüssig ist; dies und sein silberähnlicher Glanz sind Ursache, warum es Hydrargyrum (Wassersilber oder flüssiges Silber) genannt wurde. Seine Beweglichkeit gab später Veranlassung, es dem beweglichsten der alten Götter, dem Quecksilber; Hg.

Quecksilber; Hg. Mercur, zu widmen und ihm mit dessen Namen zugleich das Zeichen ☿ zu verleihen. Die Namen: Mercurius vivus (lebendiges Quecksilber) für metallisches Quecksilber, Mercurius dulcis (mildes Quecksilber) für Quecksilberchlorür, Mercurius corrosivus (ätzendes Quecksilber) für Quecksilberchlorid, und Mercurialpräparate für Quecksilberverbindungen ꝛc. werden noch jetzt, besonders in der Medicin, häufig gebraucht. Quecksilber in der Kälte. In dem nördlichen Sibirien wird das Quecksilber in jedem Winter fest, so wie die Kälte — 40° C. oder 32° R. erreicht; bei uns aber erzwingen wir dies nur durch künstliche Frostmischungen. Quecksilber in der Hitze. Hiemit steht auch sein Verhalten in der Hitze im Einklange: es kocht nämlich schon bei 360° C. (also nur 3½mal schwerer als Wasser) und ist daher leicht zu verflüchtigen und zu destilliren.

Quecksilber und Gold. **Versuch.** In den Kork eines Quecksilbergefäßes stecke man ein Hölzchen, woran man unten etwas ächtes **Blattgold** gedrückt hat: das Gold wird nach einigen Tagen eine weiße Farbe angenommen haben und in eine Legirung von Gold und Quecksilber umgewandelt sein. Man ersieht hieraus, daß in der Luft des Gefäßes Quecksilberdampf enthalten sein muß und daß das Quecksilber, ähnlich dem Wasser, schon bei **gewöhnlicher Temperatur langsam verdampfen kann.** Quecksilber wirkt giftig. Quecksilberdampf, wie Quecksilberpräparate überhaupt, sind **sehr schädlich**, sie bewirken erst ein unfreiwilliges Zusammenfließen und Stinkendwerden des Speichels (Speichelfluß) und später langwierige, gefährliche Krankheiten; man muß daher nicht nur das Einathmen der Dämpfe bei den Versuchen mit Quecksilber vermeiden, sondern auch das Abwägen und Umfüllen desselben über einer Schüssel vornehmen, damit das etwa daneben laufende nicht in die Stube falle. In Schlaf- und Wohnzimmern sollte man nur Weingeistthermometer aufhängen, weil Quecksilberthermometer beim etwaigen Zerbrechen die Zimmer mit Quecksilber verunreinigen, welches sich in den Fugen der Dielen versteckt und nur äußerst schwierig wieder daraus entfernt werden kann. Gleiches gilt von den Gewächshäusern, da Quecksilberdampf auch für Pflanzen ein Gift ist. Durch das im Vergleich zu Wasser schwere Gefrieren und schwere Kochen

des Quecksilbers, wie durch sein großes specifisches Gewicht, wird dieses Metall zu einem vortrefflichen Material zur Bereitung von Thermometern, Barometern und Aräometern (16. 24. 93.). Bei den Aräometern oder Senkwagen hat es hauptsächlich die Bestimmung, den Schwerpunkt dieser Instrumente nach unten zu ziehen, um sie dadurch zu zwingen, in senkrechter Lage zu schwimmen. Bei weniger genauen Senkwagen vertritt oft Bleischrot die Stelle des Quecksilbers.

## Quecksilber und Säuren.

366. In Luft und Wasser behält das Quecksilber, wenn es rein ist, seinen metallischen Glanz, man rechnet es aus diesem Grunde zu den edlen Metallen; ist es aber durch fremde Metalle, z. B. Blei, Zinn oder Wismuth, verunreinigt oder verfälscht, so überzieht es sich allmälig mit einer grauen Haut. Wegen dieser geringen Verwandtschaft der edlen Metalle zum Sauerstoff lassen sich die Oxyde derselben nicht direct durch Auslegen an die Luft oder durch Glühen darstellen, sondern nur indirect, am besten durch Behandlung mit Säuren. Das kräftigste Lösungsmittel für Quecksilber ist Salpetersäure, das billigste Schwefelsäure. *Quecksilber, ein edles Metall.*

367. Salpetersaures Quecksilberoxydul ($Hg_2O$, $NO_5$). *Quecksilber und Salpetersäure in der Kälte.*
**Versuch.** Man übergieße in einem Porzellanschälchen 2 Loth Quecksilber mit 1 Quentchen Wasser und 1 Loth Salpetersäure und stelle das Gefäß einige Tage bedeckt bei Seite: man wird nach dieser Zeit das Quecksilber mit weißen Krystallen bedeckt finden; diese sind salpetersaures Quecksilberoxydul. In der Kälte nehmen 2 At. Quecksilber nur 1 At. Sauerstoff von der Salpetersäure auf. Ein Theil der Krystalle wird in ein Fläschchen gebracht und mit Wasser übergossen: es entsteht, wie bei der Wismuthlösung (347.), eine milchartige Trübung, die aber durch Zusatz von einigen Tropfen Salpetersäure wieder verschwindet.

Diese Quecksilberoxydullösung dient zu folgenden Versuchen:

368. Quecksilberoxydul ($Hg_2O$). **Versuch.** Zu einem Theile der Quecksilberoxydullösung wird Kaliauflösung gebracht: es ent- *Quecksilberoxydul; $Hg_2$ O.*

Quecksilberoxydul; $Hg_2O$.

steht ein schwarzer Niederschlag von Quecksilberoxydul. Dieses Präparat muß in einem undurchsichtigen Glase aufbewahrt werden, weil es schon durch das Licht in Quecksilber und Quecksilberoxyd zersetzt wird. Wendet man statt des Kali's Ammoniak zur Fällung an, so erhält man eine Tripelverbindung von Quecksilberoxydul mit etwas Ammoniak und Salpetersäure, das als Arzneimittel gebräuchliche schwarze oder Hahnemann'sche Quecksilberoxydul. Mit Jodkalium giebt die Quecksilberoxydullösung einen gelbgrünen Niederschlag (Quecksilberjodür.)

Quecksilber und Kupfer.

369. **Versuch.** Wird ein Tropfen der Quecksilberlösung auf einer Kupfermünze verrieben, so scheidet sich das Quecksilber metallisch aus und bewirkt eine falsche Versilberung des Kupfers.

Quecksilber und Messing.

**Versuch.** Man ziehe mit einem in die Quecksilberlösung getauchten Hölzchen einen Strich quer über ein Messingblech; biegt man das Blech nachher an dieser Stelle, so bricht es ab, als ob es durchschnitten wäre, weil das reducirte Quecksilber mit großer Schnelligkeit in das Messing eindringt und es brüchig macht. Für die Gürtler kann diese Lösung sonach die Stelle einer Scheere vertreten.

Quecksilberoxydul und Salzsäure.

370. Quecksilberchlorür ($Hg_2Cl$). **Versuch.** Ein Theil der verdünnten Oxydullösung wird mit Salzsäure oder Kochsalzlösung versetzt: es bildet sich ein schwerer, weißer Niederschlag von salzsaurem Quecksilberoxydul oder Quecksilberchlorür, der ganz unlöslich im Wasser ist. Gut ausgewaschen und getrocknet, bildet dieses Quecksilbersalz das unter dem Namen Mercurius dulcis oder Calomel (präcipitirter) bekannte hochwichtige Arzneimittel. Befeuchtet man etwas davon mit Kali oder Kalkwasser, so wird es schwarz, weil das Quecksilberoxydul in Freiheit gesetzt wird; hieraus erklärt sich der griechische Name Calomel (kalos heißt schön, melas schwarz). Auch diese Verbindung wird langsam durch's Licht zerlegt. Früher bereitete man das Quecksilberchlorür allgemein aus Quecksilberchlorid und Quecksilber, welche man zusammenrieb und

Calomel.

sublimirte (sublimirter Calomel). Aus HgCl und Hg entstand dabei $Hg_2Cl$, eine schwere, krystallinische, weiße Masse, die man pulverisirte und vielmal mit heißem Wasser auskochte. Das so erhaltene Pulver hat einen Stich in's Gelbliche.

371. Salpetersaures Quecksilberoxyd ($HgO, NO_5$).

**Versuch.** Man löse in einem Kochfläschchen etwas Quecksilber unter gelinder Erwärmung in Salpetersäure auf und lasse nach erfolgter Auflösung die Flüssigkeit einige Minuten lebhaft kochen. Beim Kochen verbindet sich das Quecksilber mit noch einmal so viel Sauerstoff als in der Kälte, und man erhält demnach salpetersaures Quecksilberoxyd, welches beim Erkalten aus der Flüssigkeit herauskrystallisirt. Eine Auflösung dieses Salzes giebt mit Kali oder Kalkwasser einen gelbrothen Niederschlag von Quecksilberoxyd, durch Salzsäure aber oder Kochsalz wird sie nicht getrübt. Mit Jodkalium giebt sie einen scharlachrothen Niederschlag (Quecksilberjodid). Quecksilber und Salpetersäure in der Hitze.

372. Quecksilberoxyd (HgO). **Versuch.** Die erhaltenen Krystalle von salpetersaurem Quecksilberoxyd werden in einem Probirgläschen allmälig erhitzt, bis keine Dämpfe mehr fortgehen: die Salpetersäure entweicht, zum Theil zu salpetriger Säure zersetzt, das Quecksilberoxyd bleibt übrig. Seine rothe Farbe erscheint aber erst beim Erkalten; so lange es heiß ist, sieht es schwarz aus. Bei zu starker Hitze würde es in Sauerstoff und Quecksilbermetall zersetzt werden (56.). Quecksilberoxyd: Hg O.

373. Quecksilberchlorid (HgCl). **Versuch.** Man erwärme etwas Quecksilberoxyd mit Salzsäure und tröpfle von der letzteren erforderlichen Falles so lange hinzu, bis eine vollständige Auflösung erfolgt ist; die beim Erkalten sich ausscheidenden weißen, säulenförmigen Krystalle sind salzsaures Quecksilberoxyd oder Quecksilberchlorid, eines der heftigsten Gifte. Im Großen erhält man dasselbe durch Sublimation von schwefelsaurem Quecksilberoxyd mit Kochsalz in weißen, durchscheinenden, schweren Massen; daher der be- Quecksilberoxyd und Salzsäure.

373



Aetzsublimat. kannteste Name Aetzsublimat (Mercurius sublimatus corrosivus), für dasselbe. Calomel, mit Kali befeuchtet, wird schwarz, Aetzsublimat wird dadurch gelbroth. Die giftigen Substanzen haben gewöhnlich die Fähigkeit, Pflanzen- und Thierstoffe vor der Fäulniß zu schützen; in hohem Grade besitzt auch das Quecksilberchlorid diese Kraft. So tränkt man das Holz zum Schiffsbau und zu Eisenbahnschwellen mit einer Auflösung davon in Wasser (Kyanisiren), so zieht man die Pflanzen der Herbarien durch eine Auflösung davon in Weingeist rc. Man darf dabei nur nicht vergessen, daß diese Sachen dadurch selbst zu Giften werden. Bei Vergiftungsfällen müssen schleunig große Quantitäten von Eiweiß genossen werden, welches mit dem Quecksilberchlorid eine unlösliche Verbindung bildet.

Weißer Präcipitat. 374. Wird eine Auflösung von Quecksilberchlorid mit Ammoniak versetzt, so fällt nicht rothes Oxyd nieder, sondern ein weißer Körper, ebenfalls, wie bei 368., eine Tripelverbindung, die aus Quecksilber, Chlor und Ammoniak besteht. In den Apotheken wird er unter dem Namen weißer Präcipitat als ein äußerliches Arzneimittel gebraucht.

Quecksilberpulver. 375. Versuch. Zu einem anderen Theile der Lösung bringe man etwas Zinnsalz (Zinnchlorür) und erwärme die Flüssigkeit: es wird sich ein graues, zartes Pulver ausscheiden; dieses ist höchst fein zertheiltes Quecksilber. Kocht man dasselbe, nachdem das Flüssige abgegossen ist, mit Salzsäure, so geht das Pulver endlich zu Kügelchen zusammen. Das Zinnchlorür hat eine so große Neigung, in Chlorid überzugehen, daß es dem Quecksilberchlorür das Chlor entzieht. Dies Verfahren wird in der Analyse als ein Erkennungsmittel der Quecksilbersalze benutzt.

Das Quecksilber läßt sich auch durch langes Reiben mit klebrigen Stoffen, z. B. Fett, Talg, Wachs rc. sehr fein zertheilen, so daß man durch das Auge keine Kügelchen davon mehr bemerkt. Auf diese Weise stellt man sich in den Apotheken die Quecksilbersalbe und das Quecksilberpflaster dar.

Knallsaures Quecksilberoxyd stellt das höchst gefährliche

Knallquecksilber dar, dessen man sich zur Bereitung der Zündhütchen bedient.

## Quecksilber und Schwefel.

376. **Schwefelquecksilber** (Hg S). **Versuch.** Schüttelt man eine Quecksilberchloridlösung mit wenig Schwefelwasserstoffwasser oder Schwefelwasserstoffammoniak, so entsteht ein weißer Niederschlag, der durch mehr Zusatz von letzterem gelb, braun und endlich schwarz wird; der schwarze Körper ist Schwefelquecksilber. Man bekommt diese Verbindung auch durch Vermischen von Quecksilber mit geschmolzenem Schwefel, ja selbst durch tagelanges Reiben von Quecksilber mit Schwefelblumen (Aethiops). Wird dieses schwarze Schwefelquecksilber in einem Glase sublimirt, so erhält man eine schwarzrothe krystallinische Masse, deren Farbe durch Reiben in das herrlichste Scharlachroth übergeht. In diesem Zustande wird das Schwefelquecksilber Zinnober genannt. Das rothe und schwarze Schwefelquecksilber haben genau eine und dieselbe Zusammensetzung, und doch ein so himmelweit von einander verschiedenes Ansehen; sie sind eins der schönsten Beispiele von isomerischen Verbindungen. Im rothen wie im schwarzen Schwefelquecksilber sind immer 1 At. Schwefel mit 1 At. Quecksilber oder 1 Loth Schwefel mit $6^1/_4$ Loth Quecksilber verbunden. In den Fabriken bereitet man den Zinnober oft auch auf nassem Wege aus Quecksilber, Schwefel und Kalilauge, die man tagelang mit einander schüttelt. Ist der Zinnober rein, so verflüchtigt er sich auf einer glühenden Kohle mit blauer Schwefelflamme vollständig; bleiben hiebei Bleikörnchen zurück, so war er mit Mennige verfälscht. Wegen seiner Unlöslichkeit ist er der Gesundheit weit weniger nachtheilig, als die übrigen Quecksilberverbindungen. Quecksilber und Schwefel. Zinnober.

Der Zinnober findet sich auch fertig gebildet in der Natur, und wir haben in ihm das wichtigste Erz, aus dem wir das Quecksilber im Großen gewinnen. Außerdem finden sich auch in manchen porösen Steinen kleine Kügelchen von gediegenem Quecksilber. Quecksilbererze.

377. Darstellung im Großen. **Versuch.** Man menge eine

Gewinnung des Quecksilbers. Messerspitze Zinnober mit einer halben Messerspitze Eisenpulver und erhitze das Gemenge in einem trocknen Probirgläschen: es werden sich bald an dem oberen, kälteren Theile des Gläschens Kügelchen von Quecksilber ansetzen, während der Schwefel mit dem Eisen verbunden zurückbleibt. Auf ähnliche Weise gewinnt man das Quecksilber aus dem natürlichen Zinnober durch Destillation desselben mit Eisen (oder Kalk) aus großen eisernen Retorten; die fremdartigen erdigen Beimengungen bleiben in den letzteren zurück. Zur Versendung dieser schweren Flüssigkeit wendet man entweder Lederbeutel, eiserne Flaschen, oder ausgehöhltes Bambusrohr an.

Quecksilber und andere Metalle. 378. Amalgame. Versuch. Auf eine Quecksilberkugel lege man in einem Porzellanschälchen ein Stückchen Blei und lasse es damit einige Zeit in Berührung: beide Metalle werden sich vollständig mit einander vereinigen; bei wenig Quecksilber erhält man eine bröckliche Masse, bei mehr einen Brei, bei noch mehr eine flüssige Auflösung. Das Quecksilber kann sich auf ähnliche Weise mit den meisten Metallen verbinden: solche Legirungen haben den Namen Amalgame erhalten. Besonders wichtig ist das Zinnamalgam, weil wir es anwenden, um damit Glasscheiben undurchsichtig zu machen, so daß die auf dieselben fallenden Lichtstrahlen von dem glänzenden Amalgamüberzuge wieder zurückgeworfen werden. Wir nennen solche Gläser dann Spiegel.

(Margin: Amalgame.)

## Silber, Argentum (Ag.)

(At.-Gew. = 1350. — Specif. Gew. = 10,5.)

— Seit den ältesten Zeiten bekannt. —

Silber; Ag. 379. Am Silber kann man recht deutlich sehen, was man unter einem edlen Metalle versteht. Wir können einen Thaler von reinem Silber an der Luft liegen lassen, in das Wasser werfen, oder in die Erde vergraben: er rostet nicht; wir können ihn in die größte

Hitze bringen: er ändert wohl seine Form und schmilzt (bei ungefähr 1000° C.), aber er oxydirt sich nicht, er verflüchtigt sich nicht. Nächst dieser **Unveränderlichkeit** hat das Silber auch einen **höheren Werth** als die meisten anderen Metalle, weil seine Erze nicht sehr häufig in der Erde vorkommen und deren Gewinnung kostspieliger ist als die der anderen Erze. Ein Pfund Silber hat ungefähr einen Werth von 28 Thalern. Diese zwei Umstände sind es vorzugsweise, weshalb man das Silber, und in noch höherem Maaße das Gold, als allgemeine Tausch- und Ausgleichungsmittel bei Kauf und Verkauf, weshalb man beide als **Geld** benutzt. Der herrliche Glanz des Silbers und seine außerordentliche Dehnbarkeit haben es außerdem ebenso beliebt als geeignet gemacht, um Luxusgegenstände aller Art daraus darzustellen und andere Metalle damit zu überkleiden. Der alte Name für Silber ist **Luna** (☾). Silber: Ag.

**Silberlegirungen.** Das reine Silber ist ziemlich weich und nutzt sich beim Gebrauche leicht ab, man versetzt es deshalb allgemein mit **Kupfer**, wodurch es härter wird, ohne seine Dehnbarkeit zu verlieren. Beträgt der Kupfergehalt nicht mehr als $\frac{1}{4}$, so bleibt die Farbe des Silbers schön weiß, durch mehr Kupfer aber geht sie in Gelb und endlich in Roth über. Man ist übereingekommen, ein Quantum von 16 Loth reinem Silber eine **feine Mark** zu nennen. Bei solchem, mit Kupfer versetzten Silber fragt man immer: wie viel sind in 16 Loth davon reines Silber? Sind darin 15 Loth, so heißt das Silber 15löthig; bei 12 oder 8 oder 4 Loth Silbergehalt, 12-, 8- oder 4löthig u. s. w. In dem 12löthigen Silber sind sonach $\frac{3}{4}$ Silber und $\frac{1}{4}$ Kupfer enthalten; aus diesem macht man meistens die silbernen Geräthe und die größeren Münzen, z. B. die Thaler. In dem 4löthigen dagegen ist $\frac{1}{4}$ Silber mit $\frac{3}{4}$ Kupfer verschmolzen; eine solche Legirung haben wir in manchen neueren kleinen Scheidemünzen, z. B. den Groschen, den halben Groschen ꝛc. Frisch geprägt sehen diese Münzen gelb aus; sie werden aber oberflächlich weiß, wenn man sie mit Weinstein und Wasser kocht (Weißsieden), weil dadurch etwas Kupfer aufgelöst und somit eine dünne Haut von reinem Silber er-

Silber und Kupfer.

Feine Mark.

Löthigkeit.

zeugt wird. Unter Schrot versteht man das Gewicht einer Münze, unter Korn die Güte (Löthigkeit) des dazu verwendeten Silbers.

380. Versuche mit Silber.

Silber und Salpetersäure. Um das Silber zu oxydiren, muß man es mit Säuren behandeln; am leichtesten löst es sich in Salpetersäure auf. Bei den nachfolgenden Versuchen hat man sich zu hüten, Silberlösung an die Finger zu bringen, da die Haut durch sie schwarz gebeizt wird.

Salpetersaures Silberoxyd ($AgO, NO_5$). Versuch. Man übergieße eine Silbermünze in einem Opodeldocgläschen mit Salpetersäure und stelle das Gläschen an einen warmen Ort; ist nach einem Tage noch nicht alles gelöst, so setzt man noch etwas Salpetersäure hinzu und wartet, bis die Lösung erfolgt ist. Die blaue Lösung enthält Silberoxyd und Kupferoxyd, beide mit Salpetersäure verbunden.

Reines Silber. Um diese beiden Metalle von einander zu trennen, wirft man einige blankgescheuerte Kupfermünzen in die Flüssigkeit und läßt die letztere einige Tage an einem warmen Orte stehen, indem man sie dann und wann einmal umschwenkt. Die ausgeschiedenen Blättchen sind reines Silber, welches man so lange mit Salmiakgeist digerirt, bis dieser nicht mehr blau gefärbt wird. Das ausgewaschene und getrocknete Silber löst man nun zum zweiten Male in Salpetersäure, und hebt die Flüssigkeit, mit etwas Wasser verdünnt, als Silberlösung auf.

Höllenstein. Höllenstein. Beim Abdampfen derselben erhält man das salpetersaure Silberoxyd in weißen Tafeln krystallisirt. Schmilzt man diese und gießt sie dann in Messingformen zu Stängelchen aus, so wird daraus der als Beizmittel gegen wildes Fleisch und Warzen bekannte Höllenstein (geschmolzenes salpetersaures Silberoxyd). Wie dieser die Haut angreift und schwarz färbt, so geschieht dies auch mit anderen organischen Stoffen; man benutzt deswegen den Höllenstein nicht selten zum Schwarzfärben von Haaren, Knochen und Elfenbein, z. B. bei Schachfiguren u. s. w. Die schwarze Farbe rührt von ausgeschiedenem Silberoxyd her. Auch zum Zeichnen der Wäsche läßt sich salpetersaures Silberoxyd sehr gut benutzen.

381. Versuche mit salpetersaurem Silberoxyd.

Versuch a. Man lege ein linsengroßes Stück Höllenstein auf Kohle und erhitze es vor dem Löthrohre: es entsteht eine Verpuffung und metallisches Silber bleibt zurück, das bei stärkerer Erhitzung leicht geschmolzen werden kann.

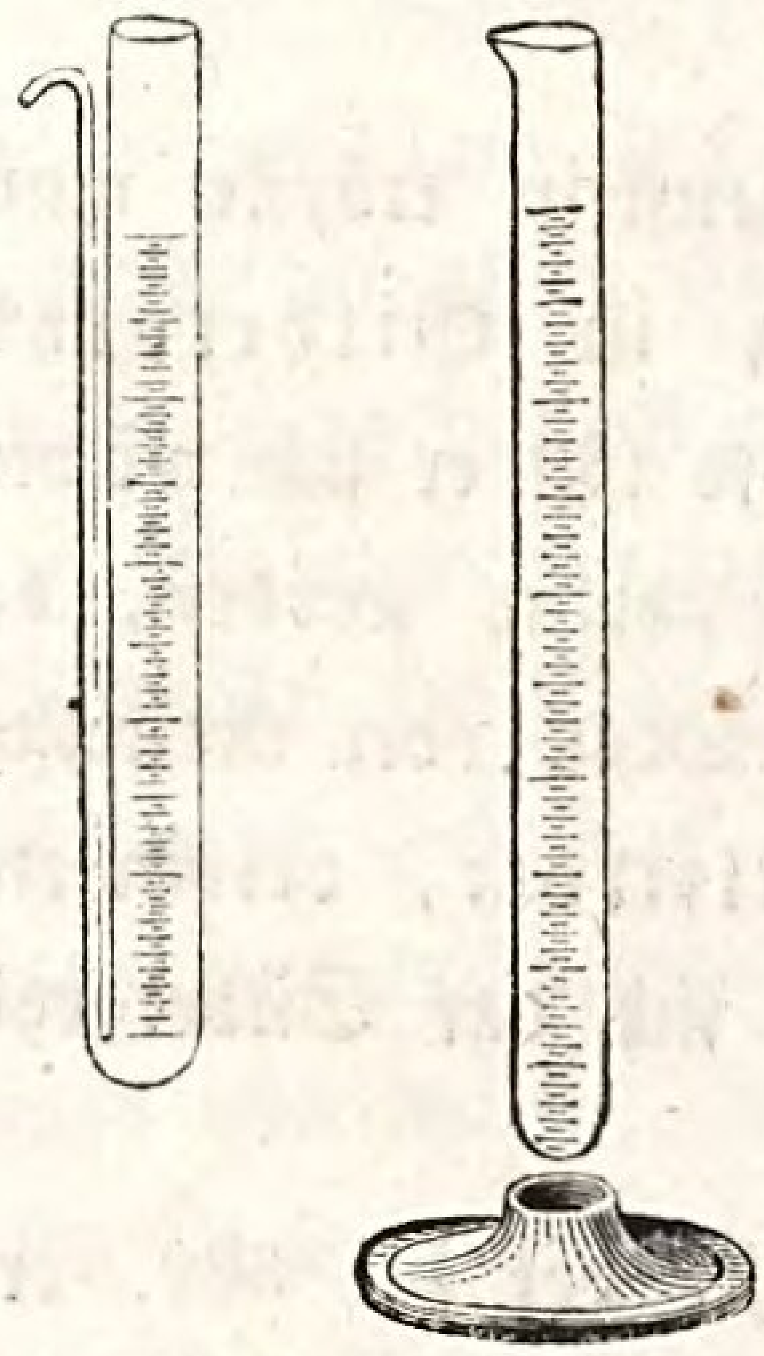
Versuch b. Zu einer Auflösung von Höllenstein tröpfle man Salmiakgeist: der grauschwarze Niederschlag ist Silberoxyd (AgO); setzt man noch mehr Ammoniak hinzu, so löst er sich wieder auf. Weitere Versuche hiemit können leicht gefährlich werden, da Ammoniak und Silberoxyd sich zu einem durch Stoß oder Reibung auf's Heftigste explodirenden Körper, zu Knallsilber, verbinden. Eine zweite Art von Knallsilber entsteht, wenn sich das Silberoxyd mit der Knallsäure (179.) vereinigt. Silberoxyd; AgO.

Versuch c. Chlorsilber. Zu einem Theile der bei 380. erhaltenen und noch mit Wasser verdünnten Silberlösung tröpfle man Salzsäure oder eine Auflösung von Kochsalz: man erhält einen weißen, der geronnenen Milch ähnlichen Niederschlag von Chlorsilber (AgCl), auch Hornsilber genannt, weil es beim Schmelzen ein hornartiges Ansehen bekommt. Dieser Niederschlag ist so unlöslich im Wasser, daß er sich in einer millionenfach verdünnten Silberlösung noch durch eine Trübung ankündigt (186.); durch Ammoniak wird er aber leicht aufgelöst (Reagens auf Silbersalze). Dieses Verhalten des aufgelösten Silbers gegen Kochsalz wird von den Silberarbeitern zum Probiren des mit Kupfer versetzten (legirten) Silbers benutzt, da sich aus der Menge der zur vollständigen Fällung nöthigen Kochsalzlösung leicht der Gehalt der Legirung an feinem Silber berechnen läßt (nasse Silberprobe). Chlorsilber oder Hornsilber.

Maaßanalyse oder Titrirmethode. Zur Ausführung solcher nasser Proben oder Maaßanalysen, die ihrer Einfachheit und Kürze wegen große Vorzüge vor den aufhältlichen gewöhnlichen Analysen durch Wägung darbieten, werden am zweckmäßigsten Meßcylinder oder Buretten von der Form Fig. 163 (a. f. S.) angewendet, die in Cubikcentimeter und Zehntelcubikcentimeter eingetheilt sind, und aus Maaßanalyse

Maaßanalyse. denen man die Probeflüssigkeit noch bequemer und genauer als bei dem Alkalimeter (202.) ausgießen und auströpfeln kann. Die Probe-

Fig. 163.




flüssigkeit oder Reagenslösung muß immer eine bestimmte, genau bekannte Stärke (Titre) haben, da man aus der verbrauchten Menge derselben auf die vorhandene Menge des Körpers, den man quantitativ bestimmen will, schließt. Bei der obigen Silberprobe müßte demnach die Kochsalzlösung etwa so titrirt sein, daß ein Cubikcentimeter davon genau 1 Centigramm Silber niederzuschlagen, d. h. in unlösliches Chlorsilber zu verwandeln vermöchte. Man braucht nun bei einer Analyse nur die Cubikcentimeter Kochsalzlösung, welche man zur Niederschlagung gebraucht, von der Burette abzulesen, um gleichzeitig das diesen entsprechende Gewicht an Silber in Centigrammen zu erfahren. Statt der Ausfällung, wie beim Silber, benutzt man bei anderen Körpern charakteristische Farbenänderungen, um den Zeitpunkt zu ermitteln, wo die beabsichtigte chemische Einwirkung erreicht ist (471.).

Zersetzung durch Licht. Versuch d. Man verreibe das erhaltene Chlorsilber, nachdem man die darüber stehende Flüssigkeit abgegossen hat, mit einem Korke auf einem Blatte Papier und lasse dieses an einem dunklen Orte, z. B. in einer Schublade, trocken werden: es bleibt weiß. Legt man das Blatt nun zur Hälfte in ein Buch und mit diesem an das Tageslicht, so färbt sich der beleuchtete Theil desselben bald violett und endlich schwarz, während der gegen das Licht geschützte Theil seine weiße Farbe behält. Das Licht allein ist im Stande, die Verwandtschaftsbande zwischen Silber und Chlor zu lösen; das Chlor entweicht, das Silber aber bleibt, und zwar in dieser feinen Zertheilung schwarz von Farbe, zurück. Diese längst gekannte Erscheinung

Daguerrotypie. war der Ausgangspunkt der Versuche, durch welche es der Physiker Daguerre vor einigen Jahren dahin brachte, die Sonne als Zeichner

und die Silbersalze (vor allen Chlor-, Brom- und Jodsilber) als Bleistift oder Tusche zur Anfertigung der sogenannten Daguerrotypen, Photographieen oder Lichtbilder zu benutzen.

**Versuch** e. Schwefelsilber. Mischt man Silberlösung mit Schwefelwasserstoffwasser, so erhält man einen schwarzen Niederschlag von Schwefelsilber (AgS). Dieselbe Verbindung findet sich in der Natur als das wichtigste Silbererz; man nennt sie Silberglanz. Außerdem wird das Silber auch in gediegener Gestalt, oder, mit Arsenik und Antimon verbunden, als Rothgültigerz angetroffen. Silber und Schwefel. Silberglanz.

382. Silbergewinnung im Großen. Die Darstellungsmethode des Silbers aus diesen Erzen richtet sich nach den anderen Erzen, mit denen die Silbererze gewöhnlich gemengt sind. Folgende vier Methoden kommen am häufigsten in Anwendung: Gewinnung von Silber.

a) Bleiarbeit. Der meiste Bleiglanz enthält kleine Quantitäten von Silber. Um diese daraus auszuziehen, verarbeitet man den Bleiglanz erst durch Rösten und Ausschmelzen mit Kohle zu metallischem Blei, in welches auch das Silber mit übergeht. Nun bringt man das silberhaltige Blei in eine Art von Flammenofen, der Treibherd heißt und kesselartig vertieft ist, und schmilzt es darin tagelang, während ununterbrochen Luft darauf geblasen wird, bis endlich alles Blei sich in Oxyd verwandelt hat. Das Bleioxyd schmilzt in der Hitze und fließt theils als Glätte durch eine Rinne ab, theils zieht es sich in den mit poröser Thon- und Kalkmasse ausgestampften Herd hinein; das Silber dagegen, welches sich nicht oxydirt, bleibt metallisch zurück (Silberblick). Noch reiner wird es durch abermaliges Schmelzen in Thonschüsselchen (kleineren Kapellen), welche den letzten Rest von Bleiglätte einsaugen (Kapellen- oder Feinsilber). Waren zugleich andere unedle Metalle beim Silber, so gehen diese als Oxyde mit in die Glätte; man kann daher diese Methode auch im Kleinen zum Probiren von Silberlegirungen anwenden (heiße oder Kapellenprobe). Ausschmelzen des Silbers.

*Aussaigern des Silbers.*

b) Saigerproceß. Auch viele Kupfererze sind silberhaltig und geben bei der Reduction (363.) ein silberhaltiges Kupfer. Aus diesem wird das Silber durch Blei aufgelöst und ausgezogen, ähnlich wie man das Kali aus der Holzasche durch Wasser auflöst und auszieht. Man schmilzt dasselbe nämlich, als Schwarzkupfer, mit einer großen Quantität Blei zusammen, formt aus der Legirung große Metallkuchen, und stellt diese, mit Kohlen geschichtet, auf einem geneigten Herde auf. Werden die Kohlen dann angebrannt, so reicht die Hitze wohl hin, um das Blei, nicht aber, um das Kupfer zu schmelzen; das Blei fließt also ab und mit ihm zugleich das Silber, während das Kupfer zurückbleibt. Das so erhaltene silberhaltige Blei wird zuletzt noch, wie bei a) angegeben, auf dem Treibherde in metallisches Silber und Bleioxyd verwandelt.

*Auflösen des Silbers durch Quecksilber.*

c) Amalgamationsproceß. Aus den Erzen, welche gediegenes Silber oder Schwefelsilber, aber kein Blei enthalten, zieht man das Silber oft durch Quecksilber aus. In diesem Falle muß aber aus dem Schwefelsilber zuvor metallisches Silber dargestellt werden. Dies geschieht in zwei Acten. Im ersten röstet man die gepochten Erze mit Kochsalz: dabei entsteht Chlorsilber und schwefelsaures Natron; im zweiten bewegt man das geröstete Erz mit Wasser, Eisen und Quecksilber längere Zeit in verschlossenen Fässern: dabei entsteht Chloreisen und metallisches Silber, welches letztere sich in dem Quecksilber auflöst. Aus dem abgelassenen Quecksilber erhält man durch Auspressen ein festes Silber-Amalgam, von dem man das Quecksilber vollends durch Destillation entfernt.

*Ausziehen des Silbers durch Kochsalzlösung.*

d) Extractionsproceß (Augustin'sches Verfahren). Nach diesem zieht man die erst für sich, dann mit Kochsalz gerösteten Silbererze 2c. mit heißer Kochsalzlösung aus, welche das Chlorsilber aufzulösen vermag. Filtrirt man diese Lösung nachher durch feinzertheiltes metallisches Kupfer (356.), so scheidet sich auf diesem das Silber schwammartig-metallisch aus, indem sich gleichzeitig lösliches Chlorkupfer erzeugt. Dieses Verfahren wird jetzt zur Entsilberung des Kupfersteins dem Saiger- und Amalgamationsprocesse vielfach vorgezogen.

## Gold, Aurum (Au).

(At.-Gew. = 2455. — Spec. Gew. = 19,5.)

— Seit den ältesten Zeiten bekannt. —

383. Wenn sich das Gold auch in fast allen Ländern findet, so ist es doch immer so dünn gesät und erfordert so viel Arbeit, um aus den Gesteinen oder dem Flußsande, worin es spurenweise vorkommt, ausgeschieden zu werden, daß es dadurch zu dem theuersten unserer Metalle wird, obwohl es in neuester Zeit durch die reicheren Goldsandlager in Californien und Australien im Werthe ein wenig gesunken ist. Bisher stand es ungefähr 15mal höher im Preise als das Silber, und ein Pfund davon konnte ungefähr auf 430 Thaler geschätzt werden. Seine Unveränderlichkeit, seine schöne Farbe, sein herrlicher Glanz und seine große Schwere haben es zum edelsten Metalle, zum König der Metalle, gestempelt. Sonst betrachtete man es als das Symbol für den König der Gestirne und nannte es Sol oder Sonne (☉). An Dehnbarkeit übertrifft es noch das Silber und man ist im Stande, es in die dünnsten Blättchen (Goldschaum oder ächtes Blattgold) auszuschlagen und aus einem Gran Gold einen Draht von 250 Ellen Länge zu ziehen. Da es immer gediegen in der Natur vorkommt und ein sehr hohes specifisches Gewicht hat, so läßt es sich auf die einfachste Weise aus dem Flußsande oder den gepochten Erzen entweder durch Schlämmen mit Wasser auswaschen oder aber durch Quecksilber ausziehen. Gold; Au.

Reines Gold ist, wie reines Silber, ziemlich weich und der Abnutzung sehr unterworfen, man versetzt es daher bei seiner Verarbeitung zu Münzen oder Luxusgegenständen mit Metallen, die es härter machen, gewöhnlich mit Silber und Kupfer. Hiebei drückt man den Goldgehalt durch das Wort karätig aus, bezieht aber die dabei stehende Zahl nicht wie beim Silber auf 16, sondern auf 24. Beim Gold theilt man nämlich die Mark (16 Loth) in 24 Theile oder Karate. 18karätiges Gold bedeutet demnach eine Mischung aus Legirtes Gold Karate.

¾ (18) Gold und ¼ (6) Zusatz; 6karätiges eine Mischung aus ¼ (6) Gold und ¾ (18) Zusatz u. s. w.

Affination. 384. Goldscheidung. Um aus versetztem Gold wieder Feingold zu erhalten, oder um aus goldhaltigem Silber das Gold auszuziehen, kocht man dasselbe mit concentrirter Schwefelsäure, was in eisernen Kesseln vorgenommen werden kann, da die starke Schwefelsäure das Eisen nicht auflöst. Silber und Kupfer lösen sich unter Bildung von schwefliger Säure auf, während das Gold als ein braunes Pulver ungelöst zurückbleibt. Aus der Silber-Kupferlösung schlägt man das Silber durch Kupfer nieder und gewinnt als Nebenproduct Kupfervitriol. Man nennt diese Operation Affiniren.

Quartscheidung. Sonst löste man in derselben Absicht das goldhaltige Silber in Salpetersäure auf, welche ebenfalls das Gold nicht aufzulösen vermag, wohl aber das Silber. Hiebei bemerkte man die merkwürdige Erscheinung, daß das Silber nur dann vollständig aufgelöst wird, wenn auf ¼ Gold mindestens ¾ Silber zugegen sind (⅔ Silber reichen jedoch auch schon hin); daher der Name Quartscheidung. Ist in der Legirung mehr als ¼—⅓ Gold enthalten, so übt das Gold einen schützenden Einfluß auf das Silber aus, demzufolge das letztere durch die Salpetersäure nicht angegriffen und aufgelöst wird.

Probiren des Goldes. Die einfachste Methode, Gold zu probiren, besteht darin, daß man etwas davon auf einem schwarzen Kieselsteine (Probirstein) abreibt und mit einem Tropfen Scheidewasser betröpfelt. Ist das Gold rein, so verschwindet gar nichts von dem gelben Striche; ist es versetzt, so verschwindet etwas; ist es nur nachgemachtes Gold, z. B. Tombak, so löst sich Alles auf.

Gold und Königswasser. 385. Gold und Säuren. Keine der gewöhnlichen Säuren allein vermag das Gold aufzulösen, da dieses Metall in hohem Grade gleichgültig gegen Sauerstoff und Säuren ist. In dem Chlor nur haben wir ein Mittel, dasselbe löslich zu machen (152.). Gewöhnlich erzeugt man sich das Chlor hiezu durch Vermischen von Salzsäure mit Salpetersäure; in diesem Gemische, dem bekannten Königswasser, löst sich das Gold vollständig zu einer braungelben Flüssig-

keit auf, wenn man es längere Zeit damit erwärmt (Goldlösung). Dampft man diese Auflösung bis zur Trockne ab, so erhält man festes Chlorgold, oder genauer: Goldchlorid ($AuCl_3$), als eine braunrothe zerfließliche Salzmasse. An dem Lichte scheidet sich daraus metallisches Gold aus; ebenso durch Einlegen von Phosphor, Eisen, Zink und anderen Metallen in die Goldlösung. Gold und Königswasser

## Versuche mit Gold.

386. **Vergoldung.** Versuch a. Man tauche ein trocknes Probirgläschen in verdünnte Goldlösung, so daß es unten an dem Boden davon benetzt wird, und erhitze es nun über einer Weingeistflamme: es wird vergoldet erscheinen, ein Beweis, daß das Gold auch zum Chlor nur eine äußerst schwache Affinität hat, da es dasselbe beim bloßen gelinden Erhitzen losläßt. Vergoldung.

Versuch b. Man gieße einige Tropfen Goldlösung auf Fließpapier, lasse das Papier trocknen und halte es dann mittelst eines Drahtes über eine Weingeistflamme: man erhält feinzertheiltes Gold, gemengt mit der Papierasche, als eine zusammenhängende, lockere Masse. Reibt man diese mit einem weichen Korke, den man in Salzwasser getaucht hat, einige Zeit auf einem blanken silbernen Löffel hin und her, so wird das Silber vergoldet (kalte Vergoldung). Andere Methoden der Vergoldung sind: die nasse Vergoldung, bei welcher die kupfernen, messingenen oder silbernen Gegenstände mit einer sehr verdünnten Goldlösung, der man etwas doppeltkohlensaures Natron oder Cyankalium zugesetzt hat, gekocht werden; die heiße oder Quecksilber-Vergoldung, wobei diese Gegenstände mit einer Auflösung von Gold in Quecksilber bestrichen und sodann erhitzt werden; die galvanische Vergoldung, die nach Art der galvanischen Verkupferung vorgenommen wird. Auf ähnliche Weise verfährt man auch bei der Versilberung von Metallen. Glas läßt sich auch durch eine alkalische Silberoxydlösung, der man Milchzucker zusetzt, versilbern. Die reducirende Wirkung des Milchzuckers ist schon aus 354. bekannt (Liebig'sche Versilberung).

Feinzertheiltes Gold. 387. **Goldpulver. Versuch.** Zu einer dünnen Lösung von Eisenvitriol tröpfle man zuerst einige Tropfen Salzsäure und dann einige Tropfen Goldlösung: die Flüssigkeit wird sogleich dunkel und bräunlich schillernd; sie erscheint aber schön blau, wenn man durch sie hindurchsieht. Bei längerem Stehen setzt sich ein brauner Schlamm daraus ab; dieser ist Gold in größter Zertheilung, Goldpulver. Aus dem Eisenvitriol wird dabei schwefelsaures Eisenoxyd und Eisenchlorid; die Zersetzung wird also durch die große Neigung des Eisenoxyduls, in Eisenoxyd überzugehen, hervorgerufen. Auf dieselbe Weise schlagen sich die Goldarbeiter aus goldhaltenden Flüssigkeiten das Gold nieder. Mit Spieköl verrieben erhält man aus dem zarten Goldpulver die Farbe, deren sich die Maler zum Vergolden des Porzellans und Glases bedienen.

Goldoxydul; Au O. 388. **Gold und Sauerstoff.** Kommt etwas Goldlösung auf die Haut oder auf andere organische Körper, so giebt sie beim Trocknen einen dunkelvioletten, festhaftenden Fleck, der von Goldoxydul (Au O) herrührt. Dieses Goldoxydul bildet sich auch beim Zusatz von Goldlösung zu Zinnoxydsalzen (Goldpurpur). Daß man mit diesem die schönste Purpurfarbe auf Glas und Porzellan hervorbringt, wurde schon beim Zinn erwähnt (322.). Durch Zinnsalz läßt sich auch das Gold in seinen Auflösungen erkennen. Das Goldoxyd ($AuO_3$) hat eine braunschwarze Farbe und verhält sich gegen Basen wie eine Säure. Mit Ammoniak verbindet es sich, dem Silberoxyd ähnlich, zu Knallgold.

(Randnotizen: Goldpurpur. — Goldoxyd; $AuO_3$.)

Gold und Schwefel. 389. **Schwefelgold.** Schwefelwasserstoff, zu Goldauflösung gegossen, bewirkt einen schwarzen Niederschlag von Schwefelgold, der sich in Schwefelwasserstoffammoniak wieder auflöst. Direct durch Zusammenschmelzen läßt sich das Gold nicht mit dem Schwefel vereinigen.

## Platin (Pt).

(At.-Gew. = 1232. — Specif. Gew. = 21,5.)

— 1741 zuerst nach Europa gebracht. —

Platin; Pt. 390. Das **Platin**, ein Metall von noch größerer Dichtigkeit als das Gold, wurde erst im vorigen Jahrhundert aus Amerika zu uns herübergebracht, wo man es in Gestalt kleiner, platter Körnchen

unter dem Sande fand, aus dem man Gold abschlämmte. Es erhielt den Namen Platina, weil es an Farbe und Dehnbarkeit dem Silber, welches im Spanischen plata heißt, ähnelte. Späterhin fand man es auch in dem Sande des Uralgebirges in compacten, linsen- bis faustgroßen Klumpen. Das Platin ist edel wie Gold, zähe, dehnbar und schweißbar wie Eisen und außerdem unschmelzbar in jedem Ofenfeuer. Diese Eigenschaften sind es, die das Platin zu einem unschätzbaren Metalle für den Chemiker gemacht haben. In Platinblasen kann man Schwefelsäure und Flußsäure destilliren, in Platinschalen Scheidewasser kochen, in Platintiegeln oder auf Platinblech und -Drath Körper bis zur höchsten Weißgluth erhitzen, ohne daß diese Geräthschaften angegriffen oder geschmolzen werden. Davor nur hat man sich zu hüten, daß keine Metalle in der Hitze mit dem Platin zusammenkommen; denn in diesem Falle können sich leichtflüssige Legirungen bilden und Platinapparate schon bei geringer Erhitzung durchschmelzen oder brüchig werden. Der Preis des Platins steht in der Mitte zwischen dem des Goldes und Silbers, man hat daher in Rußland auch Geld daraus geschlagen. Zu Gegenständen des Luxus eignet es sich weniger, als jene Metalle, da seine Farbe nicht rein weiß, sondern grauweiß ist, auch sein Glanz dem des Silbers bedeutend nachsteht. Durch das Knallgasgebläse und galvanische Batterieen kann es zum Schmelzen gebracht werden. Platin; Pt.

391. Um Platin aufzulösen, muß man es, wie das Gold, lange mit Königswasser erhitzen: man erhält eine dunkelbraune Auflösung von Platinchlorid = $PtCl_2$ (Platinlösung). Aus einem oder einigen Platinschwämmen, wie sie zu den Döbereiner'schen Feuerzeugen in Anwendung kommen, läßt sich leicht eine kleine Quantität dieser Lösung bereiten. Platinlösung.

## Versuche mit Platin

392. Fein zertheiltes Platin. Versuch. Man tröpfle in eine Auflösung von Salmiak etwas Platinlösung: die beiden Salze verbinden sich mit einander zu einem gelben, unlöslichen Doppelsalze, Platinsalmiak.

Platinsalmiak. welches unter dem Namen **Platinsalmiak** (Ammoniumplatinchlorid) bekannt ist. Wenn sich der Niederschlag zu Boden gesetzt hat, gießt man die Flüssigkeit ab und läßt den ersteren in einem Schälchen soweit trocken werden, daß er einen feuchten Teig bildet, den man auf einen mehrfach zusammengebogenen Platindraht drückt und in eine Weingeistflamme hält. Der Salmiak verfliegt, das Platin aber bleibt als eine graue, locker

Platinschwamm. zusammenhängende, poröse Masse, als sogenannter **Platinschwamm** zurück. In Wasserstoffgas gehalten, geräth dieser in's Glühen und entzündet das Gas (85.). Das poröse Platin wirkt auf gasförmige Körper ähnlich, wie die Pumpe bei einer Windbüchse, nur noch ungleich schneller und kräftiger: es saugt dieselben ein und preßt sie in seinen Poren so gewaltig zusammen, daß oft die Atome von zwei verschiedenen Gasen sich nahe genug kommen, um sich chemisch mit einander zu verbinden. Wie hier Wasserstoff und Sauerstoff zur Vereinigung gezwungen werden, so kann der Platinschwamm noch viele andere Gase, die sich direct nicht mit einander verbinden lassen, zu Verbindungen forciren.

Reines Platin. Aus dem Platinschwamm stellt man sich gewöhnlich das **reine Platin** dar, indem man ihn weißglühend macht und dann schnell mit einer kräftigen Presse zusammendrückt. Man erhält auf diese Weise eine zusammenhängende Masse, die nach abermaligem Glühen zu einem gleichförmigen Stücke zusammengehämmert und weiter zu Blech oder Draht ausgezogen oder zu Tiegeln und Schalen ausgetrieben werden kann.

Platinschwarz. Durch geeignete chemische Operationen ist man im Stande, das Platin sogar noch feiner zertheilt als im Platinschwamm, in Gestalt eines zarten **schwarzen Pulvers** zu gewinnen, welches die Gasverdichtungskraft in noch höherem Grade besitzt, als das schwammige Platin; es führt den Namen **Platinschwarz** oder Platinmohr. Tröpfelt man auf dieses Platinschwarz Weingeist, so entsteht ein Erglühen und eine fast augenblickliche Umwandlung des Weingeistes in Essigsäure. Der Grund der gedachten Umwandlung ist in einer Ver-

bindung des Weingeistes mit dem Sauerstoff der Luft zu suchen, welche durch das poröse Platinschwarz vermittelt wird.

393. **Versuch.** Wird der unter 386 a. beschriebene Versuch mit Platinlösung angestellt, so erhält man auf dem Glase einen Ueberzug von **metallischem Platin.** Die Verbindung zwischen diesem Metalle und dem Chlor ist ebenfalls so lose, daß die Hitze allein im Stande ist, sie aufzuheben. Platinspiegel

394. **Versuch.** Man löse irgend ein **Kalisalz** auf und setze dazu einige Tropfen Platinlösung: auch hier entsteht, wie bei 392., ein gelber, unlöslicher Niederschlag, der aus Kalium, Platin und Chlor besteht (Kaliumplatinchlorid). Die Platinlösung giebt deshalb ein **Reagens auf Kalisalze** (und Ammoniaksalze) ab. Durch Schwefelwasserstoffwasser wird die Platinlösung schwarz gefällt (Schwefelplatin). Platinlösung als Reagens.

Mit Sauerstoff giebt das Platin ein **Oxyd** und ein **Oxydul** ebenso mit Chlor ein **Chlorid** und ein **Chlorür.**

## Palladium, Iridium, Ruthenium, Rhodium und Osmium.

395. Diese fünf Metalle bilden gleichsam die Trabanten des Platins; sie finden sich in kleinen Quantitäten immer bei dem rohen Platinsande und werden bei der Reinigung des letzteren durch einen etwas umständlichen Proceß gewonnen Sie tragen ebenfalls den Character der edlen Metalle.

## Rückblick auf die zweite Gruppe der schweren Metalle.

1) Die Metalle Blei, Wismuth, Kupfer, Quecksilber, Silber, Gold und Platin haben nicht die Kraft, das Wasser zu zersetzen, d. h. demselben seinen Sauerstoff zu entziehen, wie die Metalle der ersten Gruppe, man hat daher zu ihrer Auflösung concentrirte Säuren anzuwenden.

2) Die niedrigsten Oxydationsstufen derselben sind Basen, die höheren dagegen verhalten sich bald wie Basen, bald wie Säuren.

3) In der Natur werden diese Metalle am häufigsten unverbunden (gediegen), oder als Schwefelmetalle, selten als Oxyde angetroffen.

27

4) Das specifische Gewicht derselben ist größer als das der früher beschriebenen Metalle; es geht von 8,8 bis 21,5. (Beim Iridium sogar bis 23,0.)

5) Durch Schwefelwasserstoffwasser und Schwefelwasserstoffammoniak werden sie alle als schwarze Schwefelmetalle niedergeschlagen; die Schwefelmetalle von Gold und Platin werden durch Schwefelwasserstoffammoniak wieder aufgelöst.

6) Die Metalle Quecksilber, Silber, Gold und Platin, sammt den zuletzt genannten Platinbegleitern, werden edle Metalle genannt, weil sie an der Luft und im Wasser blank bleiben. Hat man sie auf einem anderen Wege, z. B. durch Säuren zu Oxyden gemacht, so reicht das bloße Erhitzen hin, um die Oxyde wieder in Metall und Sauerstoff zu zerlegen. Bei den unedlen Metallen geschieht dies nur durch Zusatz von Reductionsmitteln, z. B. von Kohle.

---

## Dritte Gruppe der schweren Metalle.

Wolfram. Molybdän. Tellur. Titan. Tantal. Niobium. Vanadin. Pelopium.

396. Diese Metalle kommen fast nur als chemische Raritäten vor und haben irgend eine nützliche Anwendung im Leben noch nicht gefunden. Sie haben das Gemeinsame, daß ihre höchsten Oxydationsstufen deutlich ausgeprägte Säuren sind. Am bekanntesten unter ihnen sind die beiden ersten, weil sie, das Wolfram als Wolframerz und Tungstein, das Molybdän als Schwefelmolybdän oder Molybdän-Wasserblei, zuweilen aus den Zinngruben mit ausgegraben werden.

### Chrom (Cr).

(At.-Gew. = 328. — Specif. Gew. = 6.)

— 1797 von Vauquelin entdeckt. —

Chrom; Cr. 397. Erst seit einigen Jahrzehnten kennt man das Chrommetall, und schon sind mehre seiner Verbindungen ganz allgemein

verbreitete und geschätzte Handelsartikel geworden. Der Grund dieser schnellen Verbreitung ist in dem schönen Ansehen vieler Chrompräparate zu suchen, demzufolge sie sich trefflich zu Farben eignen. Dies hat auch Veranlassung zu dem Namen Chrom (Farbe) gegeben. Chrom: Cr.

Das wichtigste Chromerz, der Chromeisenstein, ein unansehnliches schwarzes Mineral, wird größtentheils aus Nordamerika geholt und in England zu einem rothen Salze, das aus Kali und Chromsäure besteht, umgearbeitet. Aus diesem werden die anderen Chromverbindungen dargestellt. Chromerz.

398. Das rothe oder zweifach chromsaure Kali (KO, 2 $CrO_3$) ist ein saures Salz, denn es enthält auf 1 At. Kali 2 At. Chromsäure, und kommt gewöhnlich in schönen tafel- oder säulenförmigen Krystallen vor. Man zerreibe 1 Loth davon mit 10 Loth Wasser: es wird sich darin zu einer orangegelben Flüssigkeit auflösen. Rothes chromsaures Kali.

**Versuch.** Zu der Hälfte dieser Lösung schütte man ein Quentchen gereinigte Pottasche und dampfe die hellgelb gewordene Flüssigkeit stark ein: es werden sich beim Erkalten gelbe Krystalle daraus absetzen. Diese bestehen aus neutralem chromsauren Kali (KO, $CrO_3$). Das Kali der zugesetzten Pottasche hat sich, während die Kohlensäure entwich, mit dem zweiten Atom Chromsäure verbunden. Tröpfelt man zu einer Lösung des gelben Salzes Salpetersäure, so wird die Flüssigkeit dunkler, und man erhält beim Abdampfen wieder rothe Krystalle daraus, gemengt mit Salpeterkrystallen. Man bemerkt leicht, daß die Salpetersäure die Hälfte des Kali's wieder weggenommen hat. Gelbes chromsaures Kali.

399. Chromsaures Bleioxyd (PbO, $CrO_3$). **Versuch.** Zu einem Theile der Lösung des rothen Salzes wird so lange aufgelöster Bleizucker gegossen, als ein Niederschlag entsteht; der ausgewaschene und getrocknete Niederschlag ist das bekannte Chromgelb, die lebhafteste und ergiebigste unter allen gelben Deckfarben. Durch Vermischung mit weißen Körpern, z. B. mit Kreide, Talk, Thon, Gyps u. s. w., entstehen daraus zahllose andere gelbe Farbennüancen, als: Chromgelb.

Neu-, Kaiser-, Königs-, Pariser- rc. Gelb; durch Vermischung mit Berlinerblau aber die unter den Namen Oelgrün, Neapelgrün, grüner Zinnober rc. bekannten wohlfeilen grünen Anstrichfarben.

Chrom-orange. **Versuch.** Wird das Chromgelb mit Wasser angerührt und unter Zusatz von etwas Pottasche erhitzt, so geht dasselbe in Chromorange über, welches gleichfalls als Malerfarbe gebraucht wird Dieses enthält etwas weniger Chromsäure als das Chromgelb; das Kali wirkt demnach so, daß es dem Chromgelb einen Antheil Chromsäure entzieht, was man schon an der gelben Farbe der Flüssigkeit erkennt, die man beim Abfiltriren des Chromorange erhält.

Chromroth. Durch Schmelzen mit Salpeter läßt sich dem Chromgelb noch mehr, bis zur Hälfte, Chromsäure entziehen; auf diese Weise erhält man eine Farbe, fast so schön roth wie Zinnober, das Chromroth oder basisch chromsaure Bleioxyd ($2 PbO, CrO_3$). Wie man sieht, verhält sich's mit der Farbe der Bleiverbindungen umgekehrt, wie mit den Kaliverbindungen: das gelbe chromsaure Bleioxyd geht in orangefarbenes und rothes über, wenn man Chromsäure wegnimmt, das gelbe chromsaure Kali dagegen wird zu rothem, wenn man noch mehr Chromsäure hinzusetzt, oder, was auf Eins hinauskommt, wenn man ihm Kali entzieht.

Gelbfärben mit Chrom. **Versuch.** Auch zum Färben und Bedrucken von Garnen und Zeugen hat das Chromgelb eine außerordentlich bedeutende Anwendung gefunden. Man tauche ein Stückchen Kattun zuerst in eine Lösung von chromsaurem Kali, dann, nachdem es trocken geworden, in eine Bleizuckerlösung: es wird gelb gefärbt. Bringt man nun ein wenig gebrannten Kalk mit Wasser in einem Töpfchen zum Kochen und taucht das gelb gefärbte Zeug einige Augenblicke hinein, so nimmt es eine rothgelbe Farbe an, weil der Kalk, ganz so wie die Pottasche, dem Chromgelb etwas Chromsäure entzieht. Warum das Chromgelb zum Anstreichen von Stubenwänden nicht brauchbar ist, bedarf nun wohl kaum noch einer besonderen Erklärung. Mit Zink- und Barytsalzen giebt das chromsaure Kali ebenfalls einen gelben

mit Quecksilberoxydulsalzen einen ziegelrothen, mit Silbersalzen einen purpurrothen Niederschlag.

400. **Chromoxyd** ($Cr_2O_3$). **Versuch.** Man koche Chromgelb in einem Probirgläschen mit Salzsäure: es wird weiß und die Flüssigkeit grün; der weiße Bodensatz besteht aus salzsaurem Bleioxyd (Chlorblei), in der Flüssigkeit aber ist salzsaures Chromoxyd (Chlorchrom) gelöst. Ein während des Kochens in das Gläschen gehaltenes feuchtes Lackmus- oder mit Tinte bestrichenes Papier wird gebleicht, denn es entweicht zugleich Chlorgas. Der Vorgang ist dem bei der Chlorentwickelung aus Braunstein oder beim Königswasser analog: die Chromsäure giebt die Hälfte ihres Sauerstoffs ab und wird zu grünem Chromoxyd, der freiwerdende Sauerstoff aber entzieht einem Theile der Salzsäure ihren Wasserstoff und setzt deren Chlor in Freiheit. Die grüne Flüssigkeit wird abgegossen, mit Wasser verdünnt und mit Ammoniak versetzt: das Ammoniak verbindet sich mit der Salzsäure und das Chromoxyd fällt als Hydrat mit röthlichgrüner Farbe nieder. Getrocknet und geglüht wird es zu dunkelgrünem wasserfreien Oxyd. Auf Porzellan und Glas erzeugt man mit demselben ein ausgezeichnetes Grün; es wird deswegen als eine werthvolle Schmelzfarbe geschätzt.

Salzsaures Chromoxyd.

Chromoxyd; $Cr_2O_3$.

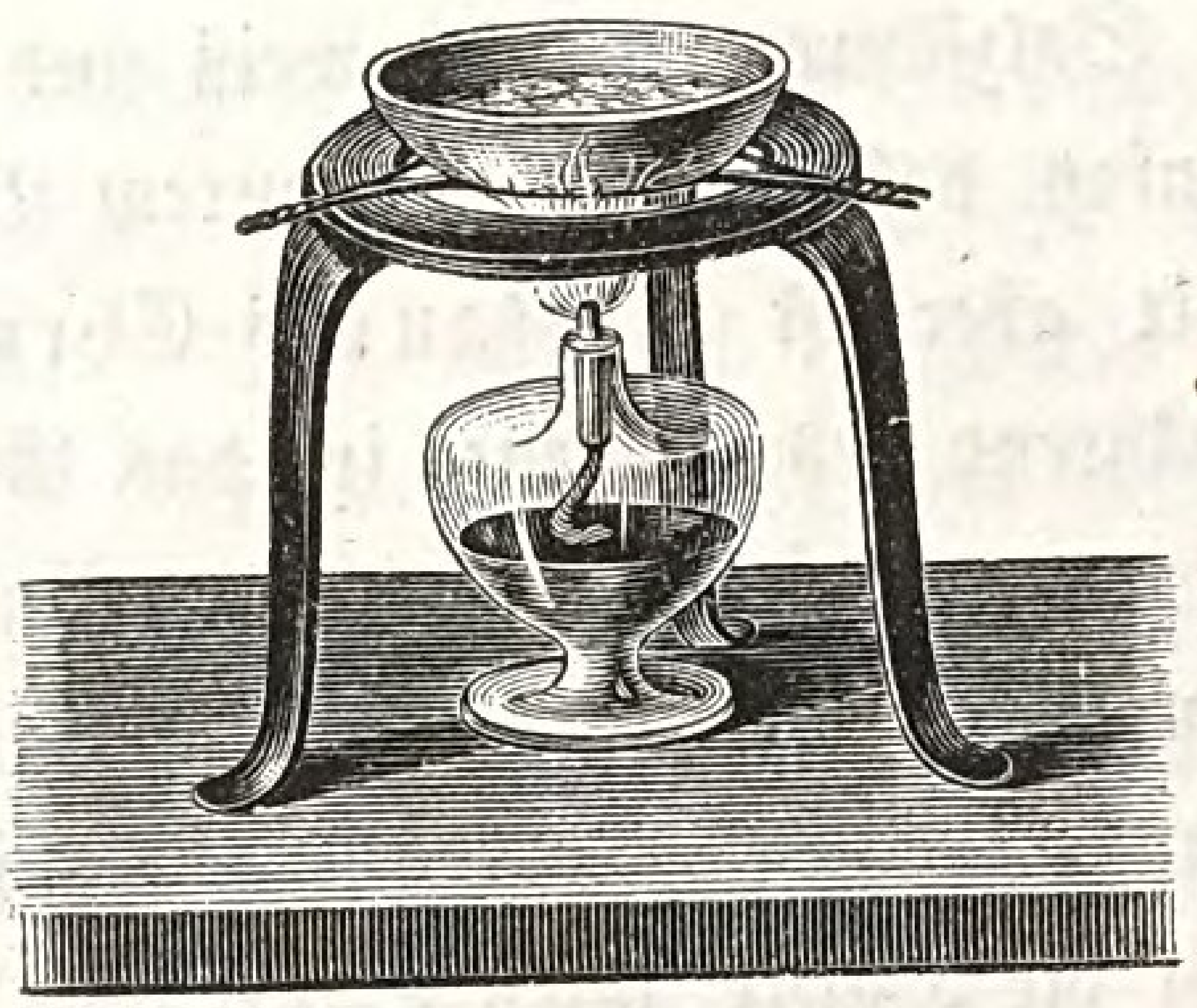
**Versuch.** Die Leichtigkeit, mit der die Chromsäure die Hälfte ihres Sauerstoffs abgiebt, läßt sich auch am chromsauren Kali wahrnehmen. Man löse in einem Probirgläschen einige Gran rothes chromsaures Kali in warmem Wasser, setze einige Tropfen Schwefelsäure hinzu und erhitze die Lösung noch stärker. Bringt man nun einige Zuckerkrümel oder einige Tropfen Weingeist hinzu, so entsteht ein lebhaftes Aufwallen und eine Umänderung der rothen Farbe in Grün; in der Flüssigkeit ist nun schwefelsaures Kali und schwefelsaures Chromoxyd enthalten.

401. **Chromsäure** ($CrO_3$). **Versuch.** Man zerreibe 1 Loth rothes chromsaures Kali zu Pulver, schütte es in ein Porzellanschälchen, und darauf ein Gemisch aus 1 Loth Wasser und 1 Loth Schwefelsäure, und erhitze das Ganze unter stetem Umrühren

Chromsäure; $CrO_3$.

Chromsäure; $Cr\,O_3$. 5 Minuten lang. Ein Tropfen davon auf Fließpapier gebracht, verwandelt seine gelbrothe Farbe unter Aufbrausen sogleich in eine grüne. Wenn die Schale vollständig erkaltet ist, so bringt man unter die ziemlich dicke Salzmasse 1 Loth kaltes Wasser, rührt einige Minuten und läßt dann unter behutsamem Neigen das Flüssige in ein Becherglas ablaufen. Was in der Schale zurückbleibt, ist schwefelsaures Kali; in der Flüssigkeit aber

Fig. 164.



hat man eine Auflösung von Chromsäure, welche durch Zufügung von 3 bis 4 Loth englischer Schwefelsäure als ein rother Schlamm niedergeschlagen wird. Man stellt das Becherglas, mit einem Brettchen bedeckt, 24 Stunden bei Seite, und gießt dann die über dem Niederschlage stehende Säure vorsichtig in ein Gefäß, den übrigbleibenden rothen Brei aber auf einen neuen Ziegelstein, in den sich das Flüssige vollends einzieht. Nach 24 Stunden, während welcher Zeit eine Schüssel über den Niederschlag gedeckt wird, hat man die Chromsäure als ein krystallinisches rothes Pulver auf dem Steine, welches man mit einem Glasstabe loskratzt und in ein weitmündiges, mit einem Glasstöpsel versehenes Glas bringt. Wie leicht dieser höchst interessante Körper in Chromoxyd und Sauerstoff zerfällt, werden folgende Versuche zeigen:

Chromsäure und Weingeist. **Versuch a.** Man schwenke ein Trinkglas mit starkem Weingeist aus und werfe dann einige Gran **Chromsäure** hinein: der an der Bodenwand haften gebliebene Weingeist wird sich mit der Hälfte von dem Sauerstoff der Chromsäure mit solcher Energie verbinden, daß er sich entzündet und augenblicklich als Flamme aus dem Glase schlägt. Die Veränderung, die der Weingeist hiebei erleidet, läßt sich schon durch den Geruch errathen, der an den der Essigstuben erinnert; in diesen zieht der im Branntwein, Bier 2c. enthaltene

Weingeist langsam Sauerstoff aus der Luft an und wandelt sich in Essig 2c. um; hier erfolgt dieselbe Umwandlung plötzlich durch den Sauerstoff der Chromsäure.

Versuch b. Man menge in einem kleinen Mörser eine Messerspitze voll Chromsäure mit ungefähr ¼ Camphorpulver (ohne stark aufzudrücken) und lasse dann von einer ziemlichen Höhe herab einige Tropfen Weingeist in den Mörser fallen: es erfolgt eine augenblickliche Entzündung und Verpuffung, fast so, als ob man Schießpulver abbrennte. Der Rückstand im Mörser hat nach der Zersetzung das Ansehen einer zierlichen grünen Moosvegetation; er besteht aus Chromoxyd, welches in dem Augenblicke, wo es sich bildete, durch die brennenden Camphordämpfe auseinandergetrieben und dadurch auf's Zarteste zertheilt wurde. Chromsäure, Camphor und Weingeist.

Wie sich aus diesem Verhalten ergiebt, gehört die Chromsäure mit der Salpetersäure, Chlorsäure, Mangansäure, dem Manganüberoxyd, Bleiüberoxyd und Chlor (und dem feinzertheilten Platin) in eine und dieselbe Kategorie: sie besitzt in hohem Grade das Vermögen, andere Körper zu einer Vereinigung mit Sauerstoff zu zwingen.

## Antimon, Stibium (Sb).

(At.-Gew. = 1613 [Spießglanzmetall]. — Specif. Gew. = 6,7.)

— Antimonmetall seit dem 15. Jahrhundert, Antimonverbindungen seit den ältesten Zeiten bekannt. —

402. Das **Antimon** hat ein blätterig-krystallinisches Gefüge und einen weißen Metallglanz, wie das Wismuth, nur ohne den röthlichen Schein des letzteren; an Sprödigkeit steht es demselben noch voran, denn es kann in einem Mörser leicht zu Pulver zerrieben werden. Gegen das thierische Leben treten die löslichen Antimonpräparate als offene Feinde auf, und die Folge davon ist, daß der Magen sich anstrengt, die in ihn gebrachten derartigen Verbindungen wieder aus dem Körper herauszuschaffen. Dies geschieht durch Erbrechen, und hiedurch gerade ist das Antimon zu einem sehr wichtigen Arzneimittel geworden. Antimon; Sb.

Antimon in der Hitze. 403. Antimonoxyd ($SbO_3$). **Versuch.** An der Luft verändert sich das Antimon nicht; erhitzt man aber ein Stückchen davon auf Kohle vor dem Löthrohre, so schmilzt es bald und verbrennt mit weißer Flamme zu Oxyd, welches theils als weißer Dampf entweicht, theils sich als Beschlag auf der Kohle absetzt. Läßt man die geschmolzene Metallkugel langsam erkalten, so verdichtet sich das Oxyd zu Krystallen, welche um das Metall herum ein Spalier von weißen Spießen bilden. In eine Papierkapsel geworfen, zerspringt die weißglühende Kugel dagegen zu unzähligen Körnchen, die einige Zeit glühend umherhüpfen und auf ihrem Wege pulveriges Oxyd zurücklassen. Das meiste Antimon enthält Spuren von Arsenik, daher der Knoblauchgeruch, den man fast immer beim Schmelzen desselben wahrnimmt.

Antimonsäure; $SbO_5$. 404. Antimonsäure ($SbO_5$). Behandelt man das Antimonoxyd mit Salpetersäure, so nimmt es noch 2 At. Sauerstoff mehr auf und wird zu Antimonsäure, einem gelblichen, in Wasser und Säuren unlöslichen Pulver. Beim Glühen geht von diesem 1 Atom Sauerstoff fort und eine Verbindung von Antimonsäure mit Antimonoxyd bleibt übrig, die man auch als antimonige Säure ($SbO_4$) betrachten kann. Sie ist in der Glühhitze nicht flüchtig und hat die Eigenschaft, Glas und Porzellan gelb und orange zu färben.

Antimon und Salpetersäure. **Versuch.** Man erhitze etwas Antimonpulver mit Salpetersäure: es tritt ein ähnlicher Fall ein, wie beim Zinn, das Metall wird nämlich zu einem weißen Pulver zerfressen, welches aus einem Gemenge beider Oxydationsstufen, aus antimonsaurem Antimonoxyd besteht. Aehnlich ist auch der Vorgang, wenn man Antimonpulver mit Salpeter mengt und das Gemenge in einen glühenden Schmelztiegel wirft; hiebei bildet sich nur Antimonsäure, die mit dem Kali des Salpeters verbunden zurückbleibt. Das antimonsaure Kali (Antimons. Kali.) läßt sich durch Kochen in Wasser auflösen und wird dann als ein Reagens auf Natronsalze benutzt, da die Antimonsäure mit dem Natron zu einem sehr schwerlöslichen Salze zusammentritt.

Chlorantimon. 405. Chlorantimon. Von der Salzsäure wird das Antimon nur sehr schwierig aufgelöst; leichter bekommt man eine Lösung,

wenn man statt des metallischen Antimons Schwefelantimon anwendet.

**Versuch.** 1 Loth Schwefelantimon wird in einem geräumigen Kochfläschchen mit 5 Loth Salzsäure übergossen und in einem Sandbade, anfangs sehr mäßig, später aber bis zum Kochen erhitzt; das in reichlicher Menge entweichende Schwefelwasserstoffgas wird entweder in Wasser oder auch in Kalkmilch geleitet, von der es vollständig verschluckt wird. Aus Schwefelantimon und Chlorwasser wird Schwefelwasserstoff und Chlorantimon (salzsaures Antimonoxyd). Nach mehrtägiger Ruhe gießt man die geklärte Flüssigkeit ab; sie hält das Chlorantimon aufgelöst und wurde sonst Spießglanzbutter genannt. Reibt man einige Tropfen davon anhaltend auf einem Eisenbleche ein, so erlangt dieses, weil sich eine dünne, sehr festhaftende Rinde von Eisenoxyd erzeugt, ein braunes Ansehen und rostet nun weniger leicht. Auf diese Weise giebt man den Läufen der Flinten die bekannte Farbe (Bruniren). Schwefelantimon und Salzsäure.

Die als Nebenproduct gewonnene Flüssigkeit, die man durch Filtration der Kalkmilch erhält, ist als schwefelwasserstoffsaurer Kalk (Calciumsulphhydrat) anzusehen; sie hat die Eigenschaft, die Haare in der Haut so locker zu machen, daß man sie leicht ausrupfen kann, wie man finden wird, wenn man ein Stückchen Kalbfell einige Zeit darin weichen läßt.

**Versuch.** Von dem flüssigen salzsauren Antimonoxyd werden 2 Loth in 20 Loth heißes Wasser gegossen: es entsteht, ähnlich wie bei der Wismuthlösung, eine Zersetzung und Trübung; der Niederschlag ist Antimonoxyd mit wenig Salzsäure verbunden. Man wässert denselben durch Absetzen, Abgießen des Flüssigen und Wiederaufgießen von Wasser einigemal aus und digerirt ihn dann noch 1 Stunde mit einer Lösung von ½ Loth Soda in 4 Loth heißem Wasser, wodurch ihm die Salzsäure vollends entzogen wird. Der nochmals ausgewaschene Niederschlag giebt getrocknet ein weißes Pulver von Antimonoxyd. Man erhält also hier auf nassem Wege dasselbe Präparat, wie durch Glühen des Antimonmetalls (403.). Antimonoxyd aus Chlorantimon.

Antimonoxyd und Weinstein.

406. Brechweinstein ($KO, \overline{T} + SbO_3 \overline{T} + 2HO$). Versuch. Man bringe in einer Porzellanschale 4 Loth destillirtes Wasser zum Kochen und rühre während des Siedens ein Gemisch von 1 Quentchen Antimonoxyd und 1 Quentchen Cremor tartari darunter. Wenn die Flüssigkeit bis zur Hälfte eingekocht ist, wird sie kochend filtrirt und die Hälfte davon in 2 Loth starken Weingeist gegossen, die andere Hälfte aber ruhig hingestellt. In beiden Fällen erhält man ein weißes Salz, Brechweinstein; in dem letzteren Falle in Gestalt von Krystallen, in dem ersteren aber in der Form eines zarten Pulvers, weil der Brechweinstein in Weingeist unlöslich ist und durch denselben sonach aus seiner Lösung niedergeschlagen wird. Der Vorgang hierbei ist ein sehr einfacher. Cremor tartari oder gereinigter Weinstein ist ein saures Salz, d. h. eine Verbindung von weinsaurem Kali mit freier Weinsäure; diese freie Weinsäure verbindet sich mit dem Antimonoxyd. Man erhält also weinsaures Kali und weinsaures Antimonoxyd, die zu einem Doppelsalze, zu Brechweinstein, zusammentreten. Der Name schon deutet auf die medicinische Benutzung dieses Doppelsalzes hin; es ist das gewöhnlichste Brechmittel. 1 Gran davon in 1 Loth Malagawein gelöst, giebt den bekannten Brechwein. 1 Theil Brechweinstein braucht 15 Theile kaltes Wasser zur Auflösung.

Brechweinstein.

Antimon und Schwefel.

407. Schwefelantimon ($SbS_3$). Versuch. Zu einer Lösung von Brechweinstein in Wasser gieße man Schwefelwasserstoffwasser: man erhält einen pomeranzenfarbenen Niederschlag von Schwefelantimon, der beim Trocknen dunkler wird. Hiedurch lassen sich die Antimonverbindungen sehr gut erkennen, da kein anderes Metall ein so gefärbtes Schwefelmetall liefert.

Schwefelspießglanz als Erz.

In dieser Verbindung finden wir das Antimon am häufigsten in der Natur; aber das natürliche Schwefelantimon (Schwefelspießglanz) hat eine ganz andere Farbe, nämlich eine grauschwarze, außerdem auch eine ganz andere äußere Beschaffenheit, denn es bildet schwere, compacte Massen, die auf dem Bruche das Ansehen haben, als seien sie aus lauter kleinen glänzenden Nadeln oder Spießen zu-

sammengefügt. Dieses Ansehens wegen erhielt es den Namen Spießglanz oder Schwefelspießglanz. Es ist schon in der Flamme eines Lichtes schmelzbar und kann daher aus den Steinarten, mit denen es gemengt vorkommt, durch bloßes Aussaigern gewonnen werden. Gestoßen stellt es ein grauschwarzes, flimmerndes Pulver dar, welches von dem Landmanne als eins der bekanntesten Hausmittel bei Thierkrankheiten angewendet wird. Im gewöhnlichen Verkehr nennt man dasselbe schlechtweg Antimonium, versteht aber darunter Schwefelantimonium. Schwefelspießglanz als Erz.

Versuch. Man koche ein wenig gepulvertes graues Schwefelantimon mit Kalilauge, lasse absetzen und tröpfle zu der abgegossenen Flüssigkeit eine Säure: man erhält einen braunrothen Niederschlag, der ebenfalls Schwefelantimon ist, welches sich durch das Kali gelöst hatte. Dieses (oxydhaltige) Schwefelantimon, welches in den Apotheken den Namen mineralischer Kermes führt, ist viel feiner zertheilt (129.), als das schwarze, und hiedurch erlangt es die rothe Farbe; noch größer ist die Zertheilung bei dem orangefarbenen, welches oben aus dem Brechweinstein dargestellt wurde. Kermes.

Die hier erwähnten drei Verbindungen, das orangerothe, braunrothe und schwarze Schwefelantimon, haben eine ganz gleiche Zusammensetzung; es ist ein und derselbe Körper, nur in verschiedenen isomerischen Zuständen.

In der Pharmacie kommt noch eine höhere Schwefelungsstufe des Antimons, $SbS_5$, unter dem Namen Goldschwefel vor, welches eine gelb- bis braunrothe Farbe besitzt und in seiner Zusammensetzung der Antimonsäure entspricht, wie das vorige schwarze oder braunrothe Schwefelantimon dem Antimonoxyd. Goldschwefel.

Antimonwasserstoff s. Nr. 418.

408. Antimongewinnung. Um aus dem Schwefelantimon metallisches Antimon darzustellen, braucht man dasselbe nur mit Eisen zusammenzuschmelzen, welches eine nähere Verwandtschaft zum Schwefel hat und damit zu Schwefeleisen zusammentritt. Beim Erkalten lagert sich das schwere Antimonmetall zu unterst ab. Gewinnung von Antimon.

Antimon und Blei; Letternmetall. 409. Antimonlegirungen. Von den Legirungen, welche das Antimon mit anderen Metallen bildet, ist besonders die mit Blei zu erwähnen, aus welcher man die Buchdruckerlettern gießt. Blei allein ist viel zu weich, um hiezu in Gebrauch genommen zu werden; schmilzt man aber $\frac{1}{8}$ — $\frac{1}{12}$ Antimon darunter, so erlangt es eine solche Härte, daß die daraus dargestellten Buchstaben viele tausend Male zum Drucke benutzt werden können, ehe sie ihre scharfen Umrisse verlieren.

## Arsen, Arsenicum (As).

(At.-Gew. = 938. — Specif. Gew. = 5,6.)

— In einigen seiner Verbindungen schon seit den ältesten Zeiten bekannt. —

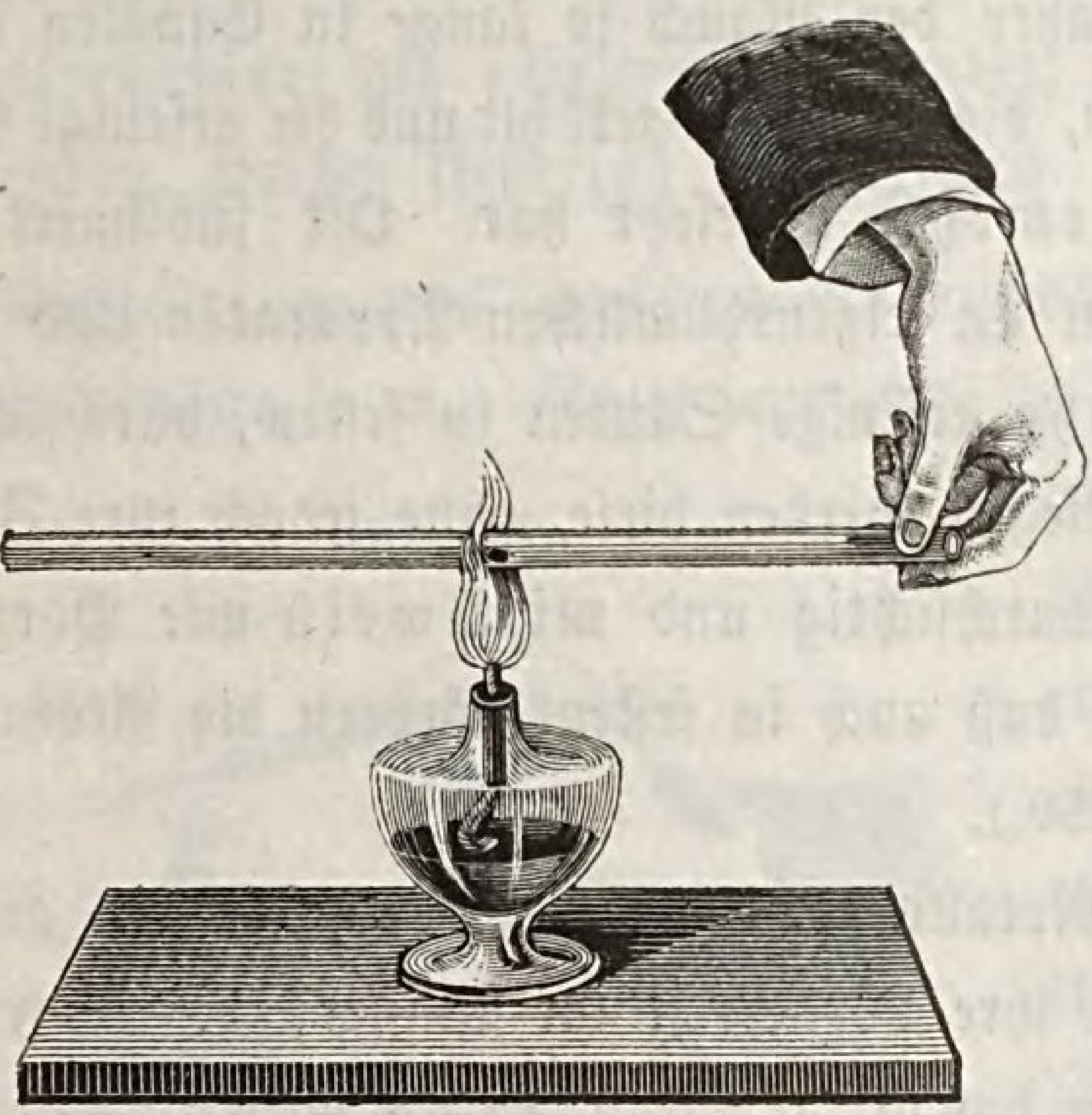
Arsen; As. 410. Giftig wie Arsenik ist ein sprichwörtlicher Ausdruck geworden; er zeigt, daß von dieser Seite das Arsenik bereits bekannt und berüchtigt genug ist. In der That steht es auch unter den Metallgiften oben an und wirkt schon in den kleinsten Quantitäten tödtlich, wenn nicht schnell Gegenmittel angewendet werden. Glücklicher Weise hat man in der neueren Zeit in dem Eisenoxydhydrat (Eisenrost) ein Mittel entdeckt, durch welches die meisten Arsenikverbindungen in dem Magen selbst unlöslich und damit unschädlich gemacht werden können. Bis zur Herbeischaffung dieses Mittels und ärztlicher Hülfe ist es bei Vergiftungen durch Arsenik, wie bei Vergiftungsfällen überhaupt, gut, Milch, Eiweiß, Seifenwasser oder Zucker zu genießen. Wegen der Gefährlichkeit des Arseniks muß bei Versuchen damit die höchste Vorsicht angewendet werden, um das Einathmen von dessen Staub oder Dampf zu vermeiden; auch müssen die dabei gebrauchten Gefäße auf's Sorgsamste gereinigt und die Abwaschflüssigkeiten an Orte geschüttet werden, die den Hausthieren nicht zugänglich sind.

Fliegenstein. 411. Arsenikmetall. Das metallische Arsenik findet sich nicht selten als ein bleigraues, stark glänzendes Erz in der Erde; die Bergleute nennen es Scherbenkobalt, weil es gewöhnlich in flachen,

scherbenartigen Stücken vorkommt und beim Schmelzen verfliegt. In den Apotheken wird meistens das künstlich bereitete Arsenikmetall, welches an der Luft bald bunt anläuft und endlich zu grauen Brocken zerfällt, unter dem Namen Fliegenstein vorräthig gehalten. Wird dieses mit Wasser gekocht, so löst sich die Haut von oxydirtem Arsenik auf, und man erhält eine sehr giftige Flüssigkeit (Fliegenwasser). Auf dem übrigbleibenden Metalle erzeugt sich von Neuem eine Oxydschicht und es erklärt sich hieraus leicht, warum man nach einiger Zeit mit demselben wieder neues Giftwasser kochen kann, ohne daß man eine merkliche Abnahme des Fliegensteins verspürt. Fliegenstein.

**Versuch.** Man bringe ein Stückchen Arsenikmetall von der Größe eines Hirsekorns in eine Glasröhre, halte diese an dem einen Ende zu und erwärme sie: das Arsenik verfliegt schon bei 180° C. und setzt sich an dem oberen Theile der Röhre als ein glänzender schwarzer Spiegel an; dabei entwickelt sich zugleich ein knoblauchähnlicher Geruch, der dem Arsenikdampfe eigenthümlich ist. Diese beiden Kennzeichen werden als ein Paar sehr genaue Proben benutzt, um das Arsenik in anderen Körpern zu entdecken. Phosphor, wenn er an der Luft liegt, riecht ebenfalls knoblauchartig. Deutet dies schon auf eine Aehnlichkeit dieser beiden Stoffe hin, so wird diese noch dadurch auf eine merkwürdige Weise erhöht, daß das Arsenik auch in seinen Verbindungen mit anderen Körpern sich dem Phosphor sehr ähnlich verhält. Arsenikspiegel.

Fig. 165.



Arsenige Säure; $As O_3$. 412. **Weißes Arsenik oder arsenige Säure** ($As O_3$).

**Versuch.** Der bei dem vorigen Versuche erhaltene Arsenikspiegel wird noch einmal, aber bei *offener* Röhre, gelind erhitzt: er verwandelt sich in einen Dampf, der sich in dem kälteren Theile der Röhre, theils in kleinen weißen Krystallen, theils als Pulver ablagert. Mit der Loupe betrachtet erscheinen diese Krystalle als kleine vierseitige Doppelpyramiden (Octaëder); ihre Bestandtheile sind: Arsenik und Sauerstoff, ihre Namen: *arsenige Säure*, *weißes Arsenik* oder Rattengift. Wenn im gewöhnlichen Leben die Rede von Arsenik ist, so versteht man unter diesem Namen immer das weiße Arsenik. Man

Gewinnung. gewinnt dasselbe im Großen: a) als Nebenproduct beim Rösten der Zinn-, Silber- und Kobalterze; b) als Hauptproduct durch das Erhitzen der Arsenikerze an der Luft (in den Gifthütten Sachsens und Schlesiens). In beiden Fällen geht die arsenige Säure als Dampf mit dem Rauche fort, man muß daher den Rauch so lange in Canälen (Giftfängen) hin- und herleiten, bis er sich abgekühlt und die arsenige Säure

Giftmehl. sich als ein Pulver (*Giftmehl*) abgesetzt hat. Oft sublimirt man das Giftmehl noch einmal in eigenthümlichen Apparaten und erhält dann *glasartig-amorphe* arsenige Säuren in festen, durchsichtigen Stücken. Bei längerem Liegen werden diese, ohne jedoch ihre Zusammensetzung zu ändern, undurchsichtig und *milchweiß* wie Porzellan, ein abermaliges Beispiel, daß auch in festen Körpern die Atome ihre Lage verändern können (280.).

Weißes Arsenik als Gift. Von den übrigen Metalloxyden unterscheidet sich die arsenige Säure insbesondere durch ihre Löslichkeit im Wasser, die zwar nicht sehr groß ist, da ein Gran davon 50 Gran kaltes oder 10 — 12 Gr. kochendes Wasser zur Lösung erfordert, immerhin aber hinreicht, um diese Lösungen zu *höchst gefährlichen Giften* zu machen. Man wendet das weiße Arsenik allgemein zum Tödten der Ratten, Schaben und anderer unbequemer Haus- und Feldthiere an; hiezu darf nur gefärbtes Arsenik verkauft werden, da das ungefärbte dem Zucker und Mehl zu ähnlich sieht und leicht damit verwechselt werden kann. Am besten ist es, um Verschleppungen des Giftes zu verhindern, gebratene

Speckhaut oder gekochte Fische auf Brettchen zu nageln und mit Arsenikpulver zu bestreuen. Setzt man das Gift in Viehställen auf, so müssen die Futtertröge sorgfältig zugedeckt werden, damit die vergifteten Ratten das Gift nicht in dieselben ausbrechen können. Weißes Arsenik, als Gift;

Die arsenige Säure verhindert, wie das Quecksilberchlorid, die Fäulniß organischer Körper; daher reibt man die zum Ausstopfen bestimmten Häute der Thiere auf ihrer Fleischseite mit Arsenik ein. ist fäulnißwidrig;

Die arsenige Säure giebt in der Hitze ihren Sauerstoff leicht an andere Körper ab; aus diesem Grunde wird sie von den Glasmachern in das schmelzende Glas geworfen, um dessen schwarze oder grüne Farbe in Gelb umzuändern. Sie wirkt hiebei wie der Braunstein (297.), sie oxydirt nämlich das Eisenoxydul zu Eisenoxyd. Von den Hutmachern wird eine Lösung von weißem Arsenik und Quecksilber in Salpetersäure als »Beize« angewendet, um den Hasenhaaren ihren glänzenden, glatten Ueberzug zu entziehen. wird technisch benutzt.

Reduction des weißen Arseniks. Versuch. Man ziehe eine Glasröhre in eine Spitze aus, lege in dieselbe ein Körnchen arsenige Säure und darüber einen Splitter von Holzkohle, und erhitze dann die Röhre so in einer Weingeistflamme, daß die Stelle, wo die Kohle liegt, zuerst, die Spitze der Röhre aber zuletzt in's Glühen kommt; das Glas wird sich inwendig über der Kohle mit einem schwarzen Metallspiegel überziehen, weil den Dämpfen der arsenigen Säure, während sie über die glühende Kohle streichen, ihr Sauerstoff entzogen wird. Dies ist eine der sichersten Methoden, um kleine Quantitäten von Arsenik zu entdecken. Reduction des weißen Arseniks.

Fig. 166.



413. Verbindungen des weißen Arseniks mit Basen.

Arsenige Säure und Kali.

**Versuch.** Werden 10 Gr. arseniger Säure und 20 Gr. Pottasche mit 1 Loth Wasser übergossen und erwärmt, so löst sich das weiße Arsenik sehr leicht auf und man erhält eine Lösung von arsenigsaurem Kali.

Mineralgrün.

a) Die Hälfte dieser Flüssigkeit versetze man nach und nach mit einer Lösung von 15 Gr. Kupfervitriol in 1 Loth heißem Wasser: es wird ein gelbgrüner Niederschlag entstehen, der beim Trocknen in Dunkelgrün übergeht. Dieses arsenigsaure Kupferoxyd kommt unter dem Namen Mineralgrün oder Scheel'sches Grün im Handel vor.

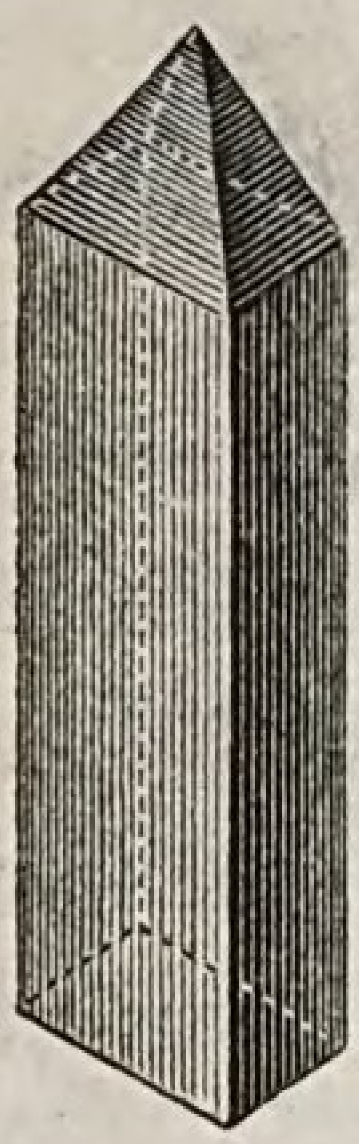
Schweinfurter-Grün.

b) Die andere Hälfte der Arseniklösung wird in einem Kochfläschchen ebenfalls mit einer Auflösung von 15 Gr. Kupfervitriol in 1 Loth Wasser, außerdem aber noch so lange, als ein Brausen erfolgt, mit Essigsäure (concentrirtem Essig) versetzt, mit dem entstandenen Niederschlage 5 Minuten lang gekocht und dann in eine Schüssel mit heißem Wasser gestellt, so daß sie sehr langsam erkaltet. Man erhält auf diese Weise nach 24stündiger Ruhe eine Doppelverbindung von arsenigsaurem und essigsaurem Kupferoxyd, die ihres herrlichen Grüns wegen eine ganz allgemeine Verbreitung als Malerfarbe gefunden hat. Von den unzähligen Namen derselben sind: Schweinfurter-, Englisch-, Mitis-, Patent-, Neuwieder- und Wiener-Grün die bekanntesten. Diese Farbe wirkt ebenso giftig als das weiße Arsenik, es kann daher nicht ernstlich genug zur Vorsicht bei Benutzung derselben vermahnt werden; sie kann selbst als grüner Anstrich in Stuben gefährlich werden, da sich unter Umständen, namentlich in feuchter Lage, flüchtige Arsenikverbindungen aus ihr bilden und der Luft beimengen. Das neuerdings in den Handel gebrachte, aus Rothhölzern dargestellte Cochenilleroth ist gleichfalls stark arsenikhaltig.

Arseniksäure; $AsO_5$.

414. Arseniksäure oder Arsensäure ($AsO_5$). Wird arsenige Säure mit Salpetersäure gekocht, so nimmt sie von letzterer noch 2 At. Sauerstoff auf und wird zu Arseniksäure. Mit Kali verbunden

Fig. 167.



erhält man dieselbe, wenn man arsenige Säure und Salpeter bis zum Schmelzen erhitzt. Das so dargestellte zweifach arseniksaure Kali, welches in schönen vierseitigen Säulen krystallisirt, wurde bisher in außerordentlichen Mengen in den Kattundruckereien verbraucht, nicht sowohl, um Farben damit zu erzeugen, als vielmehr, um die Entstehung von Farben (das Einfärben) an gewissen Stellen zu verhindern (Schutzmittel, Schutzpapp). Arseniksaures Kali.

415. Schwefelarsenik. **Versuch.** Man löse einige Gran arseniger Säure in Wasser durch Kochen auf und gieße zu der Lösung Schwefelwasserstoffwasser: es entsteht eine Fällung von gelbem Schwefelarsenik ($As S_3$), indem an die Stelle der 3 Atome Sauerstoff 3 Atome Schwefel treten. Auf diese Weise läßt sich das Arsenik sehr gut in Flüssigkeiten entdecken und daraus abscheiden, denn außer dem Arsenik geben nur noch die Cadmium- und Zinnoxydsalze gelbe Niederschläge mit Schwefelwasserstoffwasser. Durch Schwefelwasserstoffammoniak wird das Schwefelarsenik wieder aufgelöst. Gelbes Schwefelarsenik.

Sonst wendete man das Schwefelarsenik, welches auch fertig gebildet in der Erde angetroffen wird, unter den Namen Rauschgelb, Operment, Auripigmentum (Goldfarbe) oder Königsgelb als eine gelbe Anstrichfarbe an, es ist aber allen Ernstes vor dem Gebrauche dieser Farbe, namentlich in der Stubenmalerei, zu warnen, da sich auf Kalkwänden daraus eine höchst giftige Luftart (Arsenikwasserstoffgas) entwickelt. In den Arsenikwerken bereitet man auch durch Sublimation von weißem Arsenik mit wenig Schwefel eine Art gelbes Arsenik, welches wie gelbes Wachs oder Porzellan aussieht; dieses besteht zum größten Theile aus arseniger Säure und enthält nur ein wenig beigemengtes Schwefelarsenik. Rauschgelb.

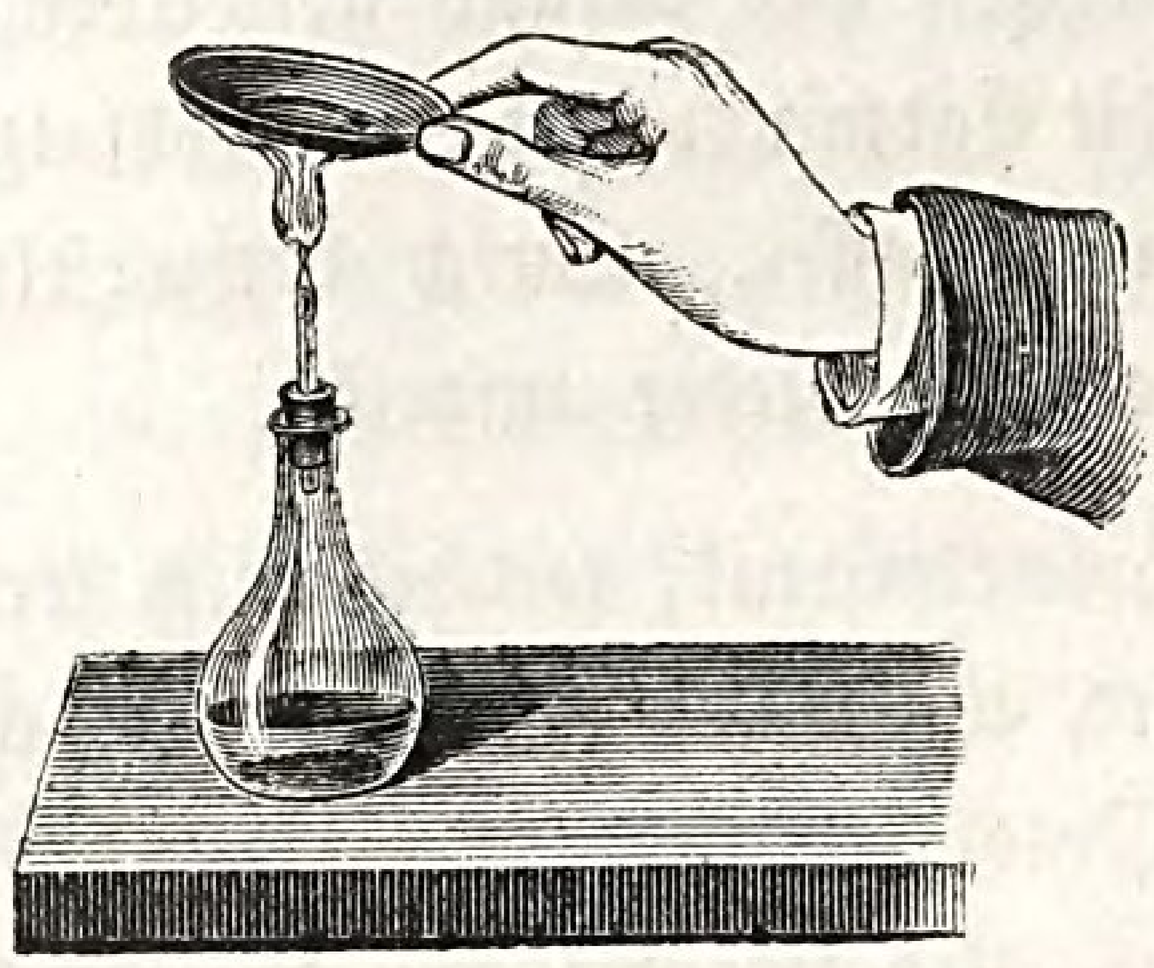
Eine Verbindung von Arsenik mit 1 Atom weniger Schwefel ($As S_2$), die bald durchsichtig wie rubinrothes Glas, bald undurch- Rothes Schwefelarsenik.

sichtig wie braunrothes Porzellan aussieht, hat den Namen **Realgar** oder **rothes Schwefelarsenik** erhalten.

Arsenikerze 2c. 416. **Arsenikgewinnung.** Mit Schwefel und Eisen verbunden finden wir das Arsenik, als **Arsenikkies**, am häufigsten in der Natur. Aus diesem Erze wird das meiste weiße Arsenik gewonnen, indem man es in Flammenöfen röstet und den arsenige Säure enthaltenden Rauch, wie schon erwähnt, in Giftfängen abkühlt. Mit dem Arsenik oxydiren sich zugleich Eisen und Schwefel; das oxydirte Eisen bleibt zurück, der oxydirte Schwefel ($SO_2$) aber entweicht mit dem Rauche in die Luft.

Arsenikwasserstoff. 417. **Arsenikwasserstoffgas** ($AsH_3$). **Versuch.** Man werfe in ein kleines Nönnchenglas einige Stückchen Zink und entwickle daraus durch verdünnte Schwefelsäure Wasserstoffgas, das man durch eine Spritzglasröhre entweichen läßt und nach **einiger Zeit** anzündet (85.); man erhält auf diese Weise eine Wasserstofflampe.

Fig. 166.



Hält man ein glasirtes Porzellanschälchen einige Augenblicke in die Flamme, so bemerkt man daran nur einen Ring von kleinen Wassertröpfchen, die sich beim Verbrennen des Wasserstoffs bilden und an dem kalten Porzellan verdichten. Taucht man nun ein Hölzchen in Schweinfurter Grün, so daß nur einige Stäubchen dieser Farbe daran hängen bleiben, und wirft es in das Gläschen, so wird die Flamme nach dem Wiederanzünden des Gases bläulichweiß aussehen und an hineingehaltenes Porzellan **schwarze** oder **braune** Spiegel absetzen; diese Spiegel sind metallisches Arsenik. Wie Schwefel und Phosphor, so kann auch das Arsenik sich mit dem Wasserstoff zu einer Gasart verbinden, die mit dem freien Wasserstoff gemeinschaftlich entweicht und verbrennt. Durch einen kalten Körper wird die Flamme bis unter die Temperatur ab-

gekühlt, die das Arsenik zum Verbrennen braucht; das letztere verdichtet sich daher an dem Porzellan, gerade so, wie sich Kohlenstoff oder Ruß an demselben ablagert, wenn wir es in eine Lichtflamme halten. Der Kohlenstoff scheidet sich als ein staubähnlicher Körper, das Arsenik als ein zusammenhängender Spiegel ab. Man nennt diese unglaublich empfindliche Prüfungsmethode nach dem Erfinder derselben die Marsh'sche Arsenikprobe. Daß man sich dabei vor dem Einathmen des entweichenden Gases, insbesondere des unverbrannten, zu hüten habe, folgt schon aus dem früher Bemerkten; hier ist aber doppelte Vorsicht nothwendig, da das Arsenikwasserstoffgas die giftigste Luftart ist, welcher schon einige Chemiker zum Opfer fielen. Marsh'sche Arsenikprobe

418. Antimonwasserstoff ($SbH_3$). Versuch. Man wiederhole denselben Versuch, nur mit der Abänderung, daß man statt des Schweinfurter Grüns Brechweinstein anwendet; auch hier erhält man schwarze Flecken auf Porzellan, die aber dunkler sind und oft ein rußiges Ansehen haben; sie bestehen aus metallischem Antimon Um die Antimonflecken sicherer von den Arsenikflecken zu unterscheiden, tröpfle man etwas Chlorkalklösung auf dieselben: die Antimonspiegel bleiben unverändert, die Arsenikspiegel dagegen lösen sich augenblicklich auf. Antimonwasserstoff.

Antimon und Arsenik sind die einzigen Metalle, welche sich mit dem Wasserstoff verbinden; sie verhalten sich in dieser Hinsicht ganz so wie die Metalloide; sie sind als Uebergangsstufen, als die Brücke anzusehen, welche das Gebiet der Nichtmetalle oder Metalloide mit dem der Metalle vereinigt.

## Rückblick auf die dritte Gruppe der schweren Metalle.

1) Die Metalle Chrom, Antimon und Arsenik nebst den vorerwähnten seltneren Metallen, können das Wasser nicht zerlegen, man hat daher zu ihrer Auflösung concentrirte Säuren anzuwenden.

2) Die niedrigeren Oxydationsstufen derselben verhalten sich bald

wie Basen, bald wie Säuren, die höheren aber entschieden nur wie Säuren.

3) In der Natur kommen diese Metalle am häufigsten mit Schwefel verbunden vor.

4) Antimon und Arsenik werden aus ihren Lösungen durch Schwefelwasserstoffwasser als Schwefelmetalle niedergeschlagen, durch Schwefelwasserstoffammoniak wieder aufgelöst. Chrom wird durch Schwefelwasserstoff nicht in ein Schwefelmetall verwandelt.

5) Antimon und Arsenik können sich, ähnlich den Metalloiden, mit Wasserstoff zu gasförmigen Verbindungen vereinigen.

## Rückblick auf die gesammten Metalle.

Metalle.

1) Alle Metalle haben einen eigenthümlichen starken Glanz, sind undurchsichtig und die besten Leiter für Wärme und Elektricität.

2) Die meisten Metalle können bei langsamer Abkühlung krystallisiren (am häufigsten in Würfeln).

3) Alle Metalle sind schmelzbar, aber bei sehr verschiedene Hitzegraden; viele lassen sich auch verdampfen.

4) Alle Metalle können sich mit Sauerstoff, Schwefel und Chlor verbinden.

5) Ebenso vereinigen sie sich unter einander, wenn man sie zusammenschmilzt (Legirungen).

Metalloxyde.

6) Die meisten Metalle bilden mit dem Sauerstoff basische Oxyde. Fast alle Metalloxyde sind im Wasser unlöslich.

7) Von manchen Metallen kennt man nur eine Oxydationsstufe, die meisten aber haben zwei, einige sogar drei, vier, ja fünf Oxydationsstufen. Die höchsten davon verhalten sich wie Säuren.

8) Metalloxyde lassen sich aus den Metallen darstellen:

a) Durch Auslegen in feuchte Luft.

b) Durch Erhitzen bei Luftzutritt.

c) Durch Wasserzersetzung bei gewöhnlicher Temperatur.

d) Durch Wasserzersetzung in der Glühhitze.

e) Durch Wasserzersetzung mit Hülfe einer Säure und Fällung mit einer starken Basis.

f) Durch Behandlung mit concentrirten Säuren und Fällung mit einer starken Basis.

g) Durch Erhitzen mit Salpeter oder chlorsaurem Kali.

9) Die Metalloxyde lassen sich desoxydiren oder zu Metall reduciren:

a) Durch bloßes Erhitzen (edle Metalle).

b) Durch Erhitzen mit Kohle.

c) Durch Erhitzen in Wasserstoffgas.

d) Durch ein oxydirbareres (elektropositiveres) Metall.

e) Durch den galvanischen Strom.

Schwefelmetalle.

10) Die Schwefelmetalle der leichten Metalle sind in Wasser löslich, die der schweren Metalle dagegen unlöslich.

11) Ein Metall hat gewöhnlich ebenso viele Schwefelungsstufen als Oxydationsstufen.

12) Schwefelmetalle können erzeugt werden:

a) Unmittelbar durch Zusammenreiben oder Schmelzen von Schwefel und Metall, oder durch Erhitzen der Metalle in Schwefeldampf.

b) Durch Zusammenbringen eines Metalloxyds oder Metallsalzes mit Schwefelwasserstoff oder Schwefelwasserstoffammoniak.

c) Durch Glühen von schwefelsauren Metallsalzen mit Kohle.

13) Der Schwefel kann den Schwefelmetallen entzogen werden:

a) Durch Erhitzen an der Luft (Rösten).

b) Durch ein elektropositiveres Metall.

c) Durch Erhitzen in Wasserdämpfen.
d) Durch Erhitzen mit starken Säuren.

Chlormetalle.

14) Die meisten Chlormetalle sind krystallisirbar und im Wasser löslich.

15) In der Regel verbindet sich ein Metall in ebenso vielen Verhältnissen mit Chlor, als es Oxydationsstufen hat.

16) Chlormetalle entstehen:

a) Beim Zusammenbringen der Metalle oder Metalloxyde mit Chlor.
b) Beim Auflösen von Metallen in Salzsäure.
c) Beim Auflösen von Metallen in Königswasser.
d) Durch doppelte Wahlverwandtschaft beim Vermischen von Chlormetallen mit Sauerstoffsalzen.

17) Das Chlor kann von den Metallen abgeschieden werden:

a) Durch bloßes Erhitzen (nur von den edlen Metallen).
b) Durch Erhitzen in Wasserstoffgas.
c) Durch ein elektropositiveres Metall.
d) Durch eine stärkere Säure, z. B. Schwefelsäure.

Sauerstoffsalze.

18) Jede Säure bildet in der Regel mit jedem basischen Metalloxyd ein Salz; es giebt daher eine zahllose Menge von Salzen.

19) Suboxyde müssen Sauerstoff aufnehmen, Superoxyde abgeben, ehe sie sich mit Säuren verbinden können.

20) Die meisten Salze sind krystallisirbar, bald mit, bald ohne Krystallwasser.

21) Gegen Wasser verhalten sich die Salze sehr verschieden, theils lösen sie sich leicht, theils schwer, theils gar nicht darin auf.

22) Salze können hervorgebracht werden:

a) Durch Auslegen der Metalle an die Luft.

b) Durch Auflösen derselben oder ihrer Oxyde in Säuren.

c) Durch Zerlegung der Schwefelmetalle mit Säuren; auch durch freiwillige Verwitterung der Schwefelmetalle.

d) Durch gegenseitige Zersetzung mittelst der prädisponirenden, einfachen oder doppelten Wahlverwandtschaft.

23) Manche Salze verlieren ihre Säure schon durch bloßes Erhitzen, indem diese entweicht (Kohlensäure), oder verbrennt (organische Säuren).

24) Die Salze lassen sich auf gleiche Weise zu Metallen reduciren, wie die Oxyde. Soll dies durch Glühen mit Kohle erreicht werden, so hat man noch eine starke Basis (Soda, Kalk) beizufügen, welche dem Salze die Säure entzieht.

Vorkommen der Metalle.

25) Die Natur liefert uns die Metalle hauptsächlich in folgenden fünf Formen: 1) unverbunden oder gediegen, 2) mit Schwefel verbunden als Kiese, Glanze und Blenden, 3) mit Arsenik als Arsenikmetalle, 4) mit Sauerstoff als Oxyde, 5) mit Sauerstoff und zugleich mit Säuren verbunden als Salze.

Von den bekannteren Metallen kommen am häufigsten vor:

| 1) gediegen: | 2) als Schwefelmetalle: | 3) als Arsenikmet.: |
|---|---|---|
| Gold. | Blei. | Kobalt. |
| Platin. | Antimon. | Nickel. |
| Silber. | Kupfer. | Silber. |
| Wismuth. | Silber. | Eisen. |
| Quecksilber. | Quecksilber. | |
| Arsenik. | Arsenik. | |
| | Eisen. | |
| | Zink. | |

| 4) als Oxyde: | 5) als Salze: |
| --- | --- |
| Mangan. | Kalium und Natrium. |
| Zinn. | Barium und Strontium. |
| Eisen. | Calcium und Magnesium. |
| Chrom. | Aluminium. |
| Zink. | Zink und Eisen. |
| Uran. | Blei und Kupfer. |
| Kupfer. | |

## Zusammenstellung der bekannteren chemischen Elemente.

Es ist sehr schwierig, die chemischen Grundstoffe so in Reihe und Glied zu bringen, daß ihre äußeren und inneren Eigenschaften, wie ihre Verwandtschaften zu einander, zu gleicher Zeit dadurch richtig angegeben werden. Nach ihrem physikalischen und chemischen Verhalten geordnet, lassen sie sich etwa in folgende Gruppen bringen:

Sauerstoff.

Fluor, Chlor, Brom, Jod, Cyan.

Schwefel, Selen.

Phosphor, Stickstoff, Arsenik, Antimon.

Kohlenstoff, Bor, Kiesel.

Chrom.

Platin, Gold.

Wismuth, Blei, Silber, Quecksilber, Kupfer.

Kobalt, Nickel, Eisen, Mangan.

Zinn, Kadmium, Zink.

Aluminium.

Magnesium, Calcium, Strontium, Barium.

Ammonium, Natrium, Kalium.

Wasserstoff.

In der nachfolgenden Zusammenstellung bilden die zwei Elemente, welche sich am unähnlichsten, am entgegengesetztesten sind:

der elektronegativste (sauerste) Sauerstoff und das elektropositivste (basischste) Kalium, die beiden Endglieder einer Reihe; dann folgen auf den ersteren diejenigen Stoffe, die sich in ihren Eigenschaften und Verbindungen ähnlich wie Sauerstoff verhalten, auf das Kalium aber die diesem ähnlichen Stoffe. Da, wo die beiden Reihen zusammentreffen, findet man die unentschiedenen, bald negativ, bald positiv erscheinenden Elemente. Gilt es als ein Grundgesetz in der Chemie: daß die Körper mit um so größerer Begierde sich mit einander verbinden, je unähnlicher sie sich sind, während die sich in ihren Eigenschaften ähnlichen Körper entweder gar keine oder doch nur eine sehr geringe Neigung zur Vereinigung zeigen, so kann uns diese Reihefolge zugleich ein ungefähres Bild von den Affinitäten der Elemente zu einander geben. Die weit auseinanderstehenden Stoffe haben nämlich große Lust, sich zu verbinden, die nahe zusammenstehenden nur geringe oder gar keine. Der Sauerstoff würde hiernach, wenn er wählen könnte, unter allen Elementen das Kalium am liebsten an sich ziehen, dann das Natrium, nach diesem das Lithium, Ammonium u. s. f., am gleichgültigsten dagegen würde er sich gegen das Fluor verhalten. Das Kalium zeigt auf der anderen Seite die größte Verwandtschaft zum Sauerstoff, weiter zu den Salzbildern, zum Schwefel u. s. w., die geringste gegen seine Nachbarn und Verwandten, Natrium, Barium ꝛc. Es muß jedoch ausdrücklich bemerkt werden, daß diese Verwandtschaftsscala eine sehr schwankende ist und in vielen Fällen wesentliche Abänderungen erleidet.

| − | | | + |
|---|---|---|---|
| Sauerstoff. | Wasserstoff. | | Kalium. |
| Fluor | | | Natrium |
| Chlor | | | Lithium |
| Brom | | | Ammonium |
| Jod | | | Barium |
| Cyan | | | Strontium |
| Schwefel | | | Calcium |
| Selen | | | Magnesium |
| Phosphor | | | Aluminium |
| Stickstoff | | | Mangan |
| Kohlenstoff | | | Eisen |
| Bor | | | Zink |
| Kiesel | | | Kobalt |
| Arsenik | | | Nickel |
| Antimon | | | Kadmium |
| Gold | | | Chrom |
| Platin | Kupfer | Zinn | Uran |
| Silber | Quecksilber | Blei | Wismuth |

Negative, vorzugsweise Säuren bildende Elemente.

Positive, vorzugsweise Basen bildende Elemente. +

Unentschiedene, theils Säuren, theils Basen bildende Elemente.

±

Zweite Abtheilung.

# Organische Chemie.

(Chemie der Pflanzen- und Thierstoffe.)

## Pflanzenstoffe.

---

419. Eine unergründliche Weisheit hat in das Samenkorn die Kraft gelegt, in feuchter Erde zu keimen und zu einer Pflanze emporzuwachsen, die Blätter, Blüthen und Samen treibt und dann wieder abstirbt und vergeht. Keimen, Wachsen, Blühen, Samentragen und Welken, das sind die hauptsächlichen Entwickelungsstufen, welche die Pflanzen zu durchlaufen haben; sind sie bis zur Erzeugung von Samen, d. i. von neuen lebensfähigen Körpern vorgeschritten, so haben sie ihre Aufgabe erfüllt und ihr Lauf geht wieder abwärts, der Verwesung entgegen. Ob sie dieser schon nach einem kurzen Sommer oder erst nach Hunderten von Jahren anheimfallen, ändert in der Hauptsache nichts. Pflanzenleben.

Der Gotteshauch, welcher diese Veränderungen, die Erscheinungen des Lebens, in der Pflanzenwelt hervorruft, er ist uns seinem Wesen nach völlig unbekannt; man hat ihm zwar einen besonderen Namen, den Namen **Lebenskraft** gegeben, allein zu einer klareren Erkenntniß sind wir dadurch nicht gelangt. Sein Wirken geschieht auf so geheimnißvolle Weise, daß es scheint, als solle das Ahnen des forschenden Menschengeistes in dieser Hinsicht hienieden nicht in's Schauen verwandelt werden. Wir fühlen zwar das Rauschen des Lebensstromes an der Freude, die uns durchdringt, wenn er im Frühlinge die Knospen zersprengt und die Erde mit einem Blüthenmeere

übergießt, wie an der Wehmuth, die uns ergreift, wenn im Herbste das Welken der Blätter sein Scheiden ankündigt; aber von wannen er kommt und wohin er geht und wie er die Wunder der Pflanzenwelt hervorzaubert, davon wissen wir gar Nichts. Das nur, was er hervorbringt, ist erfaßbar für unsere Sinne, wie das, woraus er es hervorbringt.

Mikroskopische und chemische Forschungen.

420. Zwei Wege stehen dem Forscher offen, auf denen er bis zu einem gewissen Grade eindringen kann in die verhüllte Werkstätte des Pflanzenlebens: 1) der Weg der Beobachtung, der, besonders mit Hülfe des Vergrößerungsglases, zu einer sehr genauen Kenntniß des Baues der Vegetabilien und der während des Wachsthums stattfindenden Veränderungen in der Form der einzelnen Pflanzentheile (Organe) geführt hat; 2) der Weg der chemischen Versuche, auf dem die Bestandtheile der Pflanzen, ihre Nahrungsmittel und einige während des Wachsthums der Vegetabilien vorkommende Stoffveränderungen ermittelt worden sind. Was man auf diesen zwei Wegen über die inneren und äußeren Veränderungen, welche die Gewächse während ihres Lebens erfahren, kennen gelernt hat, wird Pflanzenphysiologie genannt.

Nähere Bestandtheile der Pflanzen.

421. In den Pflanzen erzeugen sich während ihres Wachsthums gar vielerlei selbständige Stoffe, die wir in vielen Fällen schon durch ihr verschiedenartiges Ansehen und ihren Geschmack von einander unterscheiden können. Die Weintrauben, Mohrrüben und viele andere Früchte und Wurzeln schmecken süß; es ist Zucker darin; die Zweige und Blätter des Weinstocks schmecken sauer: sie enthalten ein saures Salz; die des Wermuths bitter: sie enthalten einen eigenthümlichen bitteren Stoff; die letzteren besitzen zugleich einen starken Geruch, der von einem flüchtigen Oele herrührt. In den Samen unserer Getreidearten und in den Kartoffelknollen finden wir einen mehlähnlichen Körper, die Stärke; in den Samen der Rübsen- und Leinpflanze einen schlüpfrigen Saft, fettes Oel; die Kirsch- und Pflaumenbäume schwitzen einen klebrigen Saft aus, der sich im Wasser auflöst, die Nadelhölzer einen ähnlichen, der aber im Wasser

unlöslich ist: wir nennen den ersteren Gummi, den letzteren Harz. Die Farbenpracht der Blumen, sie rührt von Farbstoffen her; die schädliche Wirkung der Giftpflanzen von Pflanzenbasen 2c. Man benennt diese Stoffe überhaupt mit dem allgemeinen Namen: nähere Bestandtheile der Pflanzen. — Manche derselben sind fast in jeder Pflanze anzutreffen, andere dagegen finden sich nur in einzelnen Pflanzenarten. Nähere Bestandtheile der Pflanzen.

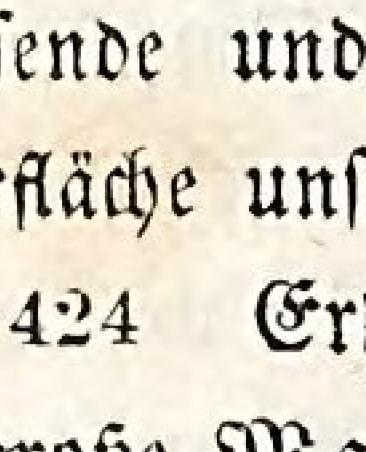
Was die Natur hier in den lebenden Pflanzen erschafft, das können wir durch die Kunst nicht nacherschaffen, wie wir es in der unorganischen Chemie auf die vollkommenste Weise vermögen. Aus welchen Elementen die näheren Bestandtheile der Pflanzen zusammengesetzt sind und in welchen Gewichtsverhältnissen, das ist zwar durch die chemische Zerlegung derselben auf die genaueste Weise ermittelt, das Wiederaufbauen aber ist bis jetzt noch nicht gelungen.

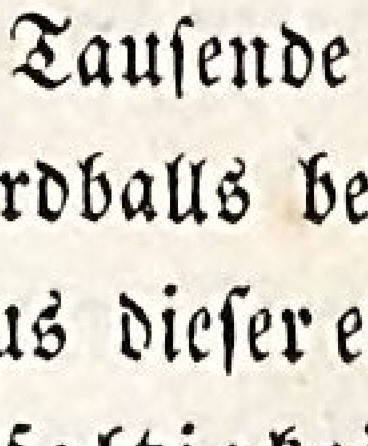
422. Unreife Weinbeeren schmecken sauer, reife süß; wir müssen daraus schließen, daß während des Reifens die Säure der Trauben sich in Zucker verwandelt. Gewöhnliche Gerstenkörner schmecken mehlig; lassen wir sie keimen, so erlangen sie einen süßen Geschmack, weil sich während des Keimens ein Theil der Stärke in Zucker umwandelt. Aehnliche Veränderungen kommen in jeder lebenden Pflanze vor, ja wir sehen sie oft genug auch dann eintreten, wenn die Lebensfähigkeit den Pflanzen nicht mehr innewohnt. Kartoffeln z. B. werden süß, wenn man sie gefrieren läßt; alle Stärke der gekeimten Gerste wird zu Zucker, wenn man die letztere, mit Wasser übergossen, einige Stunden an einen warmen Ort stellt 2c. Was hier durch die Lebensthätigkeit der Pflanzen oder durch Kälte und Wärme bewirkt wird — die Umwandlung eines Pflanzenstoffs in einen anderen —, das können wir auch künstlich auf vielfach andere Weise zu Stande bringen. Die Kunst vermag in dieser Beziehung sogar viel mehr als die Natur, denn sie erzeugt Verbindungen, die wir in lebenden Pflanzen nie fertig gebildet antreffen, z. B. Weingeist, Holzessig u. v. a. In's Unzählige gehen diese Verbindungen, wenn man unorganische Körper mit zu Hülfe nimmt, z. B. starke Säuren und Mannichfaltigkeit der Pflanzenstoffe.

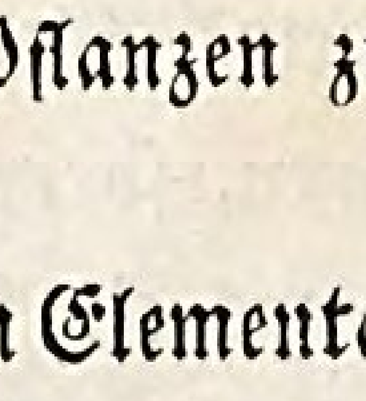
Mannichfaltigkeit der Pflanzenstoffe. Basen, Chlor u. s. w., und diese auf Pflanzenstoffe einwirken läßt, da alle Pflanzenstoffe dadurch auf unendlich mannichfache Weise verändert und zu neuen Körpern umgebildet werden. Tausende solcher neuen Verbindungen sind allein innerhalb der letztverflossenen drei Jahrzehnte entdeckt worden; unsere Nachkommen werden sie nach Millionen zählen müssen.

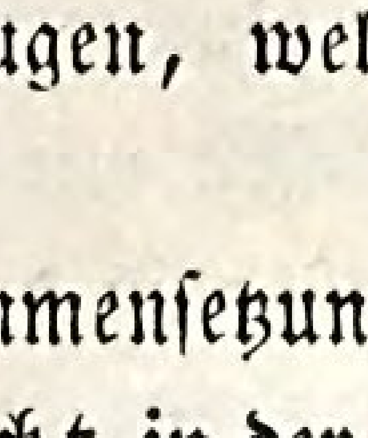
Elementarbestandtheile der Pflanzen. 423. Fragt man nach den *Elementen*, aus denen die näheren Bestandtheile der Pflanzen zusammengesetzt sind, so ist darauf zu antworten: man findet in ihnen hauptsächlich folgende vier: *Kohlenstoff*, *Wasserstoff*, *Sauerstoff* und *Stickstoff*, die deshalb auch *Organogene* genannt werden. Manche Pflanzenstoffe enthalten alle vier Elemente zusammen (CHON), diese heißen *stickstoffhaltige*; andere, und zwar bei weitem die meisten, enthalten dagegen nur die drei ersten Elemente (CHO), diese werden *stickstofffreie* genannt. Aus diesen wenigen Elementen, zu denen nur noch ganz kleine Quantitäten von Schwefel, Phosphor und einige unorganische Salze hinzutreten, vermag die Schöpfungskraft der Natur alle die Tausende und aber Tausende von Pflanzen zu erzeugen, welche die Oberfläche unseres Erdballs bedecken.

Zusammengesetzte Atomgruppen. 424 Erhellt aus dieser einfachen Elementarzusammensetzung, daß die große *Mannichfaltigkeit* der Pflanzenstoffe *nicht* in der Mannichfaltigkeit der Bestandtheile liegen kann, so müssen wir vermuthen, daß sie in der mannichfachen Art und Weise ihren Grund habe, in welcher diese drei oder vier Elemente an einander gefügt und mit einander verbunden sind. Und so ist's auch. Bei 274. wurde schon angeführt, daß man sich in den isomerischen Verbindungen, d. h. in solchen, die zwar eine gleiche Zusammensetzung, aber verschiedene Eigenschaften besitzen, eine verschiedene Gruppirung der Atome zu denken habe, ähn-

a


b


c


d


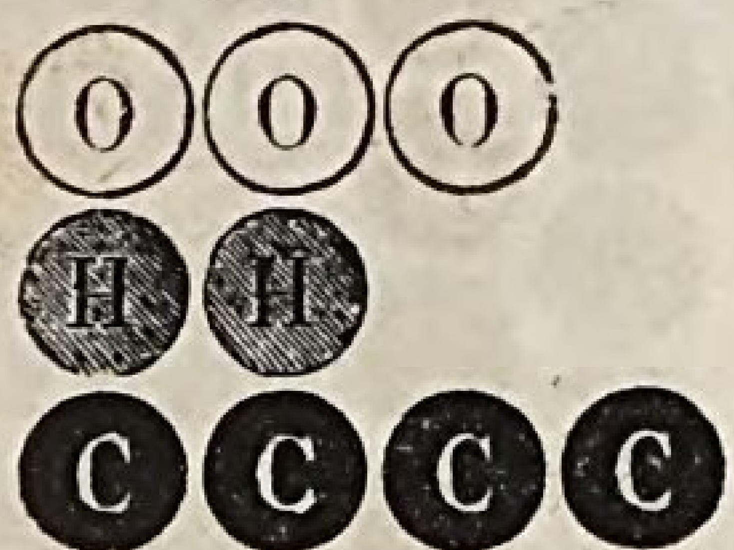
lich, wie bei einem Schachbrette, auf dem die schwarzen und weißen Felder je 2 zu 2, oder 3 zu 3, oder 4 zu 4 u. s. w. an einander

gereiht sind. Diese Mannichfaltigkeit in der Gruppirung der Atome, welche bei den unorganischen Körpern nur als Ausnahme auftritt, kommt bei den organischen Körpern als Regel vor, und sie hat hier einen um so größeren Spielraum, weil immer 3 oder 4, ja oft noch mehr Elemente vorhanden sind, die mit einander in Verbindung treten, während im Bereiche der unorganischen Chemie gewöhnlich sich nur je zwei Elemente mit einander vereinigen; ferner deswegen, weil in der organischen Chemie das Gesetz gilt: die Atome der Elemente vereinigen sich nicht einzeln, wie bei den Mineralkörpern, sondern immer gruppenweise, nämlich 2, 3, 4, 6, 8, 10 und mehr Atome von dem einen Elemente mit beliebig vielen Atomen von den anderen.

Zusammengesetzte Atomgruppen.

Die organischen Stoffe bilden daher ungleich zusammengesetztere Atomgruppen, als die unorganischen, wie folgende Beispiele zeigen:

Fig. 169.




Bernsteinsäure.

Aus dem bekannten Bernstein wird eine eigenthümliche Säure, die Bernsteinsäure, gewonnen, welche wasserfrei aus 4 At. Kohlenstoff, 2 At. Wasserstoff und 3 At. Sauerstoff besteht und sonach die Formel erhält = $C_4 H_2 O_3$.

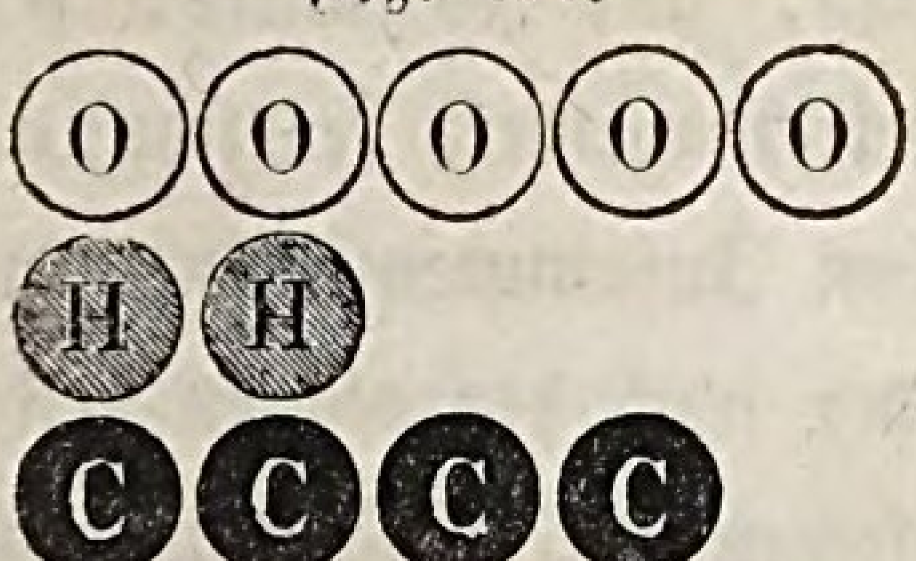
Fig. 170.




Aepfelsäure.

Tritt zu dieser noch 1 At. Sauerstoff, so erhält man die Zusammensetzung der wasserfreien Aepfelsäure = $C_4 H_2 O_4$;

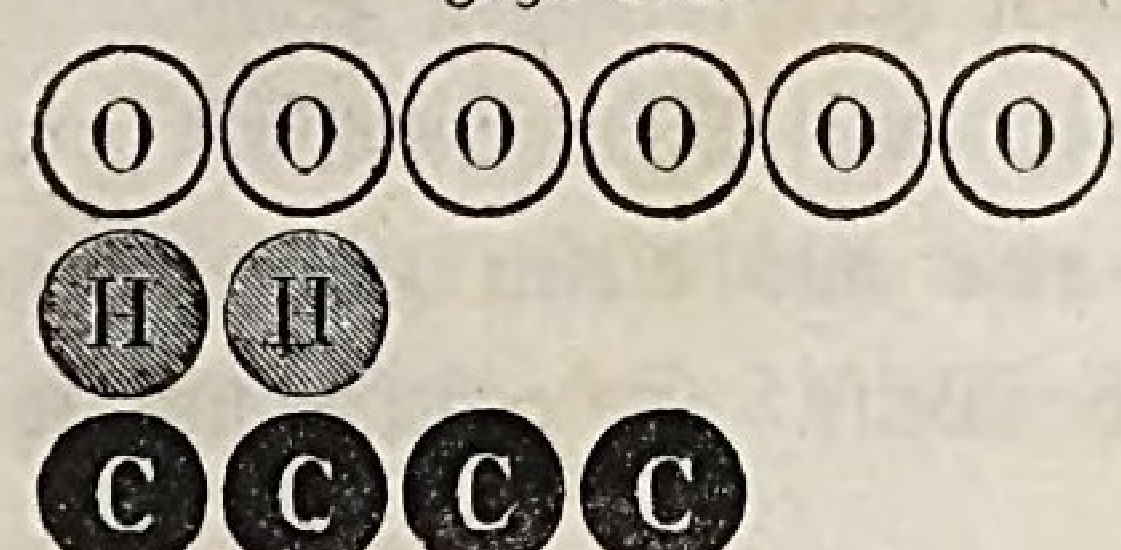
Fig. 171.




Weinsäure.

durch noch 1 At. Sauerstoff mehr, die der wasserfreien Weinsäure = $C_4 H_2 O_5$;

Fig. 172.

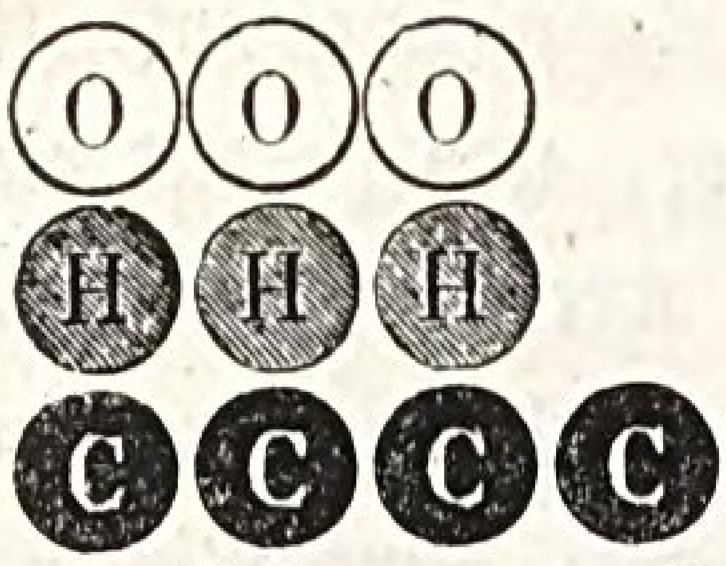



Ameisensäure.

durch noch 1 At. Sauerstoff mehr, die der wasserfreien Ameisensäure = $C_4 H_2 O_6$.

Essigsäure.

Fig. 173.




Kommt zu der den Ausgangspunkt bildenden Bernsteinsäure hingegen noch 1 At. Wasserstoff, so erhält man die Zusammensetzung der wasserfreien Essigsäure = $C_4 H_3 O_3$, u. s. w.

Ist man auch noch nicht im Stande, diese Umwandlungen alle, so wie sie hier angegeben sind, wirklich hervorzubringen, so kann die Möglichkeit, daß dieses einmal gelingen werde, doch nicht bezweifelt werden.

Zucker, Stärke, Holz.

Zucker, Stärke und Holz haben eine ganz gleiche Zusammensetzung, nämlich: $C_{12}H_{10}O_{10}$, oder in einfachster Weise ausgedrückt $C_6 H_5 O_5$, sie sind *isomerisch*. Denken wir uns die Atome dieser drei Elemente in verschiedener Weise neben einander gruppirt, z. B.

im Zucker: in der Stärke: in dem Holze:

Fig. 174.




Fig. 175.




Fig. 176.




so können wir uns eine Vorstellung davon machen, warum eine und dieselbe Menge von ein und denselben Elementen zu so gar verschiedenartigen Körpern zusammenzutreten vermag, und es würde jetzt keine große Verwunderung erregen, wenn durch weitere Forschungen noch hundert verschiedene Stoffe von derselben Zusammensetzung zum Vorschein kämen; denn aus obigen 16 (oder nach der obigen ersten Formel 32) Atomen lassen sich ja durch Versetzung viel mehr als 100 verschiedene Stellungen oder Gruppirungen hervorbringen.

Leichte Zersetzbarkeit der Pflanzenstoffe.

425. Die *leichte Zersetzbarkeit* der Pflanzenstoffe, deren schon oben gedacht wurde, erklärt sich nun aus diesen zusammengesetzten Atomverhältnissen auf eine einfache Weise. Es geht damit, wie

mit einer zusammengesetzten Maschine. An einem Spinnrade haben wir 1 Rad, 1 Spindel und 1 Schnur; an einer Spinnmaschine dagegen Hunderte von Rädern, Spindeln und Schnüren, die zusammen zu einem Ganzen verbunden sind. Wie nun bei der complicirten Maschine viel leichter ein Rad abweichen, eine Spindel sich biegen, eine Schnur reißen und dadurch eine Störung im Gange der Maschine eintreten kann, als dies bei dem einfachen Spinnrade möglich ist, so sind auch die complicirten organischen Körper viel eher Störungen und Veränderungen ausgesetzt als die einfacheren unorganischen. Denn geht bei den ersteren von den vielen Atomen nur eins weg, ja verändert es nur seinen Platz, oder tritt irgend ein Atom desselben, oder eines anderen Elementes noch hinzu, so hört der Körper sogleich auf, das zu sein, was er war, und wird zu einem anderen, zu einem neuen, eigenthümlichen Körper. Was wir im gewöhnlichen Leben Verbrennen, Anbrennen, Versengen, Verkohlen, Vermodern, Verfaulen, Verwesen, Gähren, Gerinnen, Dumpfig-, Schal- und Sauerwerden, Bleichen, Verschießen ꝛc. nennen, das sind alles chemische Veränderungen der angedeuteten Art, und es ist bekannt genug, daß sie nur den Pflanzen- und Thierstoffen eigenthümlich sind. Leichte Zersetzbarkeit der Pflanzenstoffe

Woher die Pflanzenwelt ihre vier Grundstoffe (Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff) erhält und in welcher Form sie dieselben aufnimmt, davon wird am Schlusse dieser Abtheilung ausführlicher die Rede sein.

---

## I. Pflanzenfaser oder Cellulose.

($C_{12}H_{10}O_{10}$)

426. Keimen der Samen. In dem Samenkorne schlummert die Lebensthätigkeit; durch Feuchtigkeit und Wärme bringen wir sie zum Erwachen. Keimen.

**Versuch.** Man übergieße einige Bohnen mit Wasser und lasse sie so lange an einem mäßig warmen Orte stehen, bis die Keime hervorbrechen und die aufgeschwollenen Samen sich in zwei Hälften Keimen von Bohnen.

Keimen von Bohnen. theilen. Betrachtet man sie jetzt genauer, so bemerkt man an der Spitze, wo der Keim erscheint, zwei zarte, weiße Blättchen;

Fig. 177.



aus diesen entwickeln sich bei weiterem Wachsthume Stengel und Blätter, während der Keim sich zur Wurzel ausbildet. Die feste Masse, woraus diese jungen Organe bestehen, heißt Pflanzenfaser; sie hat die Form von mannichfach gestalteten, theils kugeligen, theils schlauchartig in die Länge gezogenen, an einander gereiheten hohlen Blasen oder Zellen, die mit einer farblosen Flüssigkeit, dem Safte oder Vegetationswasser, angefüllt sind. Kann das Licht auf die Bohnenpflanze einwirken, so erzeugt sich in dem Safte ein grüner Farbstoff, das Blattgrün; in den Wurzeln bildet sich dieser Stoff nicht, weil durch das Erdreich das Licht von ihnen abgehalten wird. Die beiden Hälften der Bohne (Samenlappen) verschwinden allmälig bei der ferneren Entwickelung der Pflanze, sie dienen derselben als die erste Nahrung. Die meisten Pflanzen keimen mit zwei Samenlappen (Dikotyledonen).

Keimen von Gerste. Versuch. Gerstenkörner, auf gleiche Weise zum Keimen gebracht, treiben nur einen einzigen spitzigen Blattkeim, aus dem sich

Fig. 178

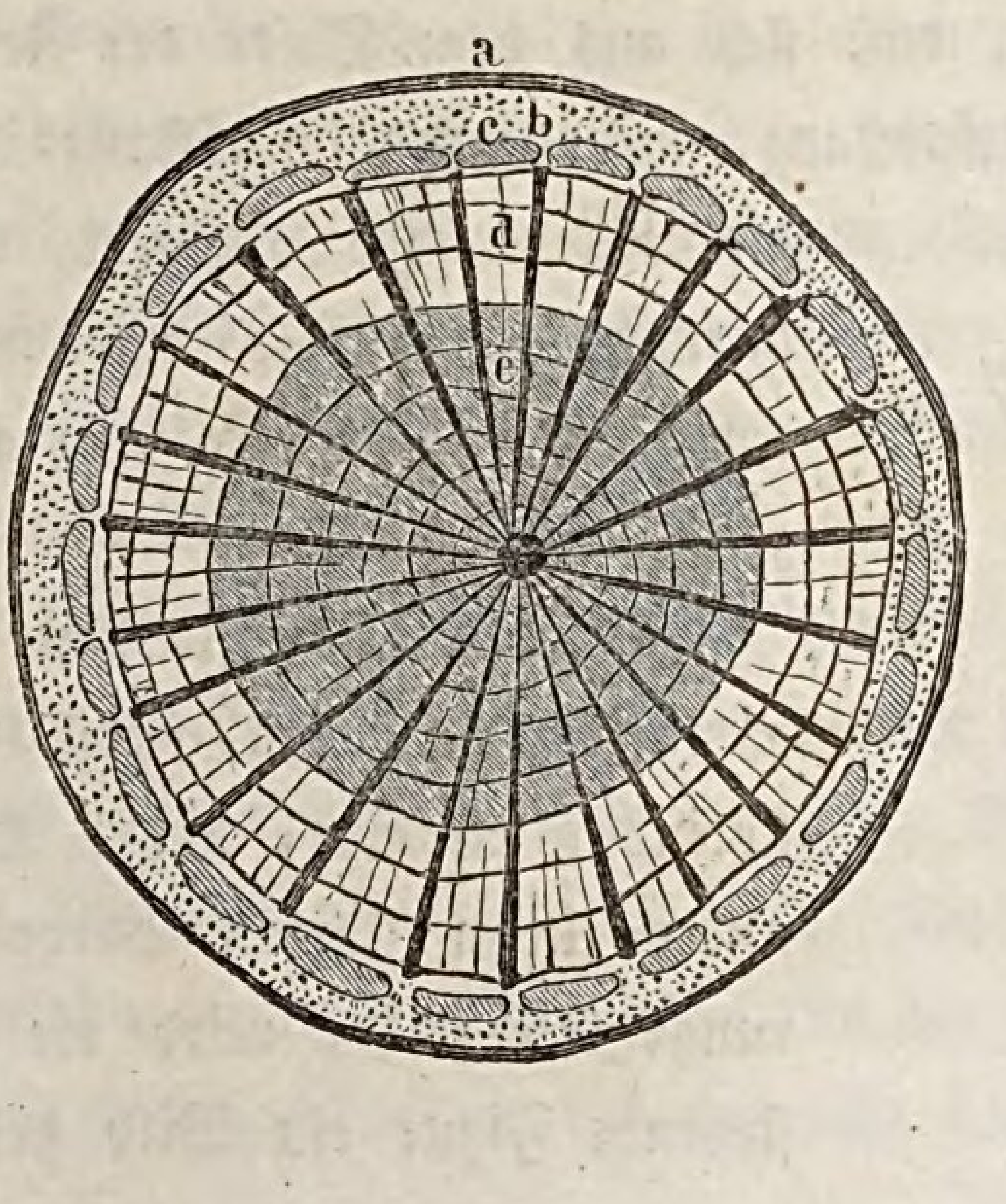


nach den Blättern der Halm entwickelt. Auf dieselbe Weise keimen alle unsere Grasarten und Zwiebeln (Monokotyledonen). Gießt man von der Gerste das Wasser ab, wenn die Samen aufgequollen und vollkommen durchweicht sind, und bringt sie dann, in einer Tasse über einander geschichtet, an einen kühlen Ort, so kann man durch jeweiliges Umwenden das Wachsen so verlangsamen und reguliren, daß nur die Wurzelkeime zum Vorschein kommen. Verhindert man jetzt das Weiterwachsen durch schnelles Trocknen der Körner auf einem warmen Ofen, so erhält man dadurch das Malz der Brauer. Die Wurzelkeime lassen sich nach dem Trocknen leicht abreiben; sie geben ein vortreffliches Düngemittel und be-

stehen der Hauptsache nach aus Pflanzenfaser, reichlich durchdrungen mit stickstoffreichen Substanzen sowie mit Kali- und anderen Salzen, welche während des Keimprocesses aus der Gerste in die Wurzelkeime übergegangen sind. Keimen von Gerste.

427. **Pflanzenfaser.** Alle **Zellen** und **Gefäße** der Vegetabilien bestehen aus Pflanzenfaser; aus diesem Grunde hat man ihr auch noch den Namen **Cellulose** (Zellensubstanz) beigelegt. Die Cellulose ist für die Pflanzen das, was Knochen, Fleisch und Haut zusammen für den Thierleib sind; sie bildet die feste Masse aller Pflanzenorgane und giebt also der Pflanze ihre Form und ihren Halt; sie bildet zugleich die den Adern der Thiere vergleichbaren Höhlungen und Canäle der Pflanzen, in denen der Saft sich auf- und abbewegt. Sehr fein verzweigt, zart, **weich** und **leicht verdaulich** finden wir sie in den jungen Blättern, Blumen und Stengeln und in dem sogenannten Fleische der Früchte und Wurzeln, z. B. in den Aepfeln, Pflaumen, Rüben &c.; **hart** und **unverdaulich** im reifen Stroh, im Holz (Holzfaser) und in den Schalen der Getreidearten (Kleie); **steinartig erhärtet** in den Kernen der Pflaumen und Kirschen und in den Schalen der Nüsse; **leicht, porös** und **elastisch** in dem Marke des Hollunders und in dem Korke; sehr **langgestreckt** und **biegsam** in dem Hanfe, Flachse und der Baumwolle. Verschiedenheit der Pflanzenfaser.

Fig. 179.




428. **Holzfaser.** An dem **Durchschnitte eines Baumstamms** kann man recht deutlich sehen, welchen Einfluß das Alter auf die Pflanzenfaser ausübt und wie verschiedenartig diese in einem und demselben Baume vorkommt. Unter der **todten Rinde** oder dem **Kork** (*a*) liegt zunächst die Holzfaser

Holzfaser. lebendige Rinde (*b*), dann der Bast (*c*), welcher aus sehr langgestreckten Röhren besteht und recht eigentlich die Stelle der Adern an dem Baume vertritt. In ihm hauptsächlich circulirt der Saft, und deshalb muß ein Baum eingehen, wenn alle Bastfasern ringsum durchschnitten werden, während er (wie man an so vielen hohlen Bäumen sieht) noch fortleben kann, wenn er nur noch Bast und Rinde hat, mag auch die eigentliche Holzmasse ganz verfault und verschwunden sein. Von dem Baste aus setzt sich jedes Jahr nach außen zu eine neue Rindenschicht, nach innen zu eine neue Holzschicht (Jahresringe) an. Das dem Baste zunächst liegende, lockere und helle Holz wird Splint (*d*) genannt, das innere, dichtere und festere aber Kernholz (*e*). Das letztere ist gewöhnlich dunkler gefärbt, oft auch mit Farbstoff durchzogen (Rothholz, Blauholz ꝛc.), und erlangt seine Dichtheit dadurch, daß sich aus dem Safte der Zellen immer mehr feste Masse (Holzsubstanz, incrustirende Substanz) auf die Zellenwände ablagert, wodurch die Zellenhöhle immer mehr verengert, ja endlich ganz ausgefüllt wird.

Fig. 180.

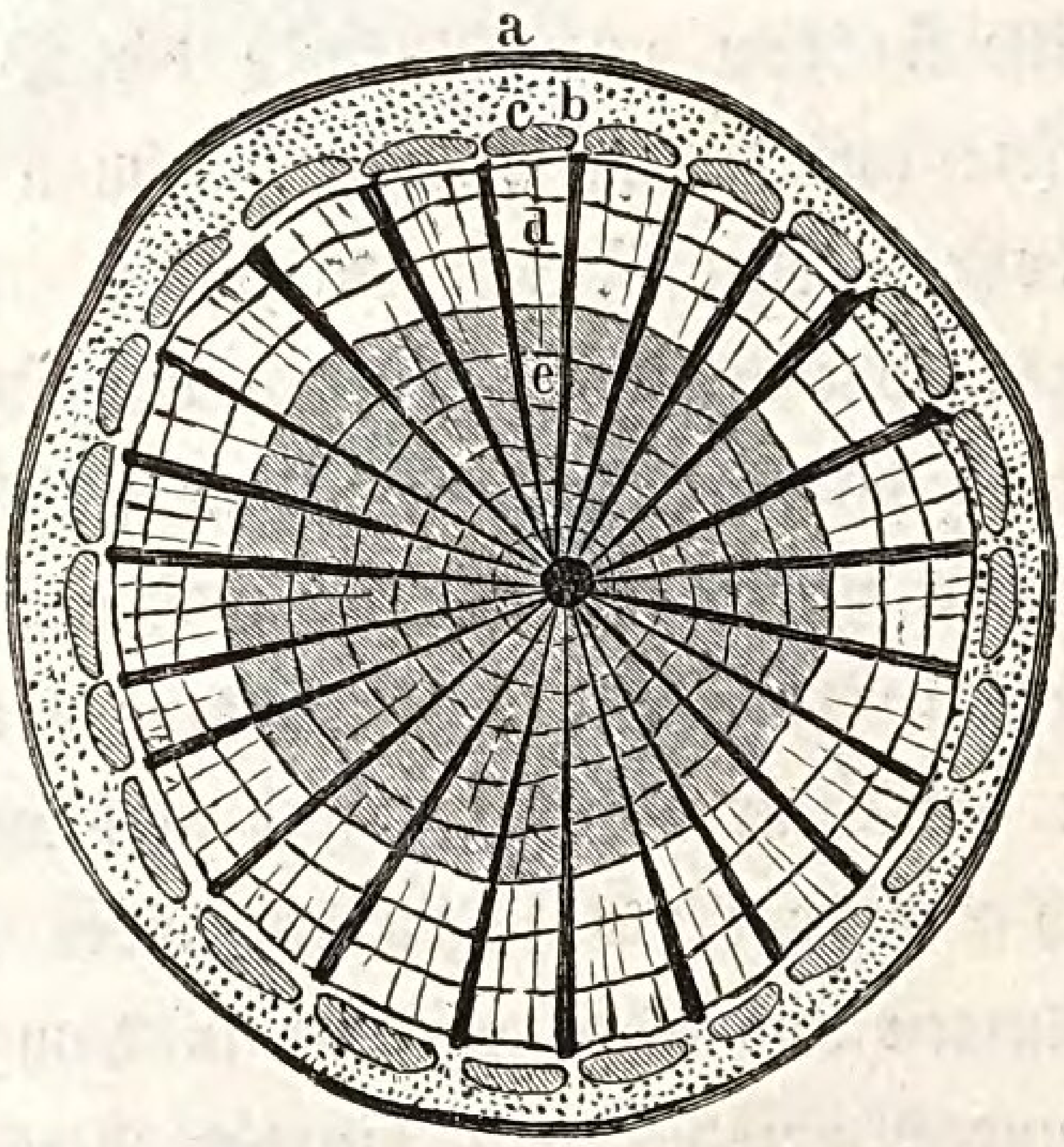
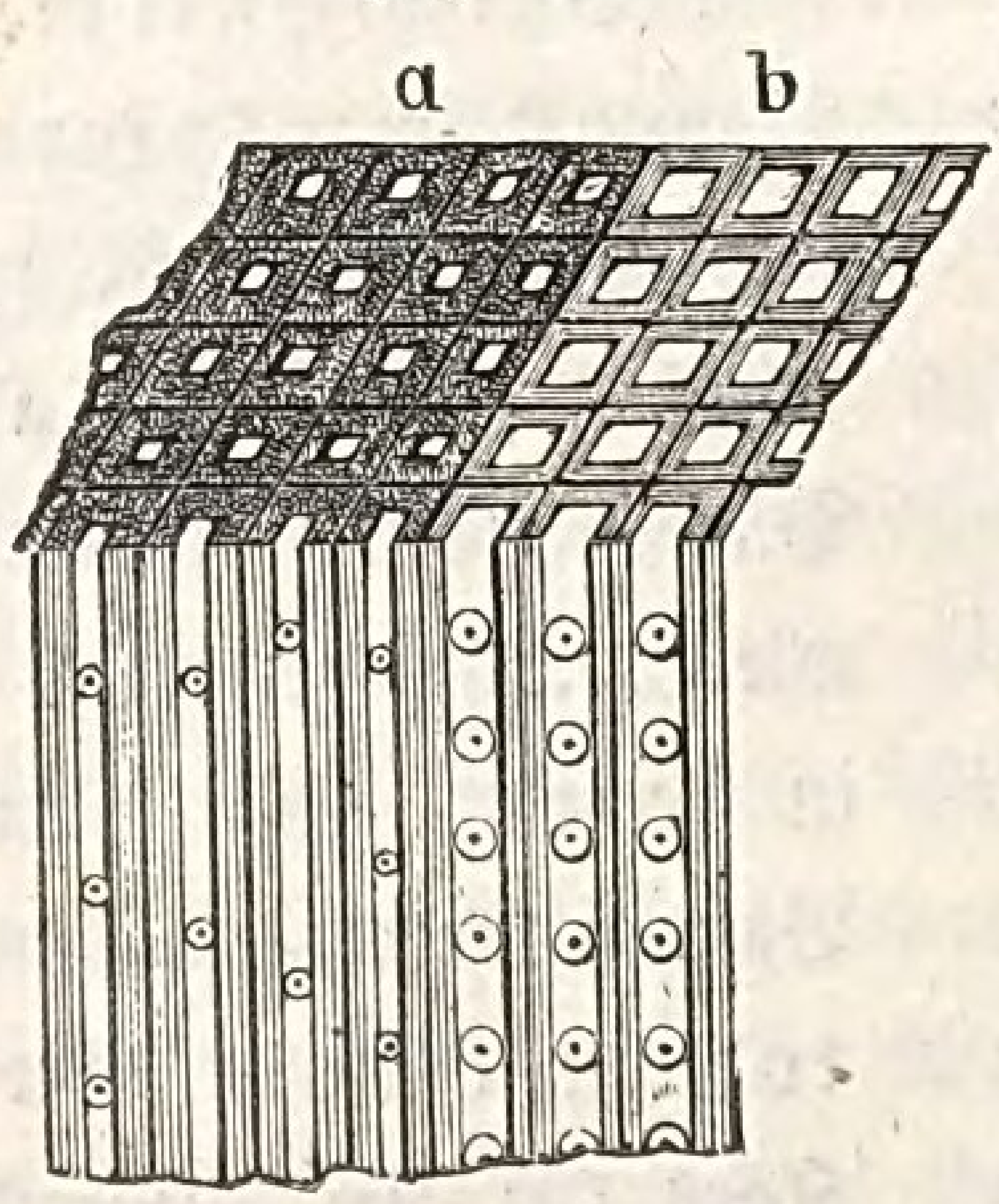



Fig. 181.




Holzzellen. Von dem kunstvollen inneren Bau, den selbst das scheinbar einfache, dichte Holz unter einem starken Vergrößerungsglase zeigt, wird die beistehende Figur ein Bild geben

Sie stellt den mit einander verbundenen Quer- und Längsdurchschnitt von Fichtenholz mit den zweierlei Arten von Holzzellen dar, welche sich in jedem Sommer, von einem Jahresringe bis zum anderen, bilden. Das zuerst, im Frühjahr oder Vorsommer, gleichzeitig mit der Blattentwickelung gebildete Holz *b* besteht aus dünnwandigeren Zellen und hat deshalb eine lockerere Beschaffenheit als das dichtere, kernigere Holz *a*, welches sich später, im Nachsommer, nach Beendigung des Blattwuchses erzeugt und aus dickwandigeren Zellen zusammengesetzt ist. Holzzellen.

Die meisten Pflanzen enthalten in dem Baste und der Rinde, außer anderen Stoffen, einen zusammenziehend schmeckenden, in Wasser löslichen Stoff, der unter dem Namen Gerbstoff oder Gerbsäure bekannt ist.

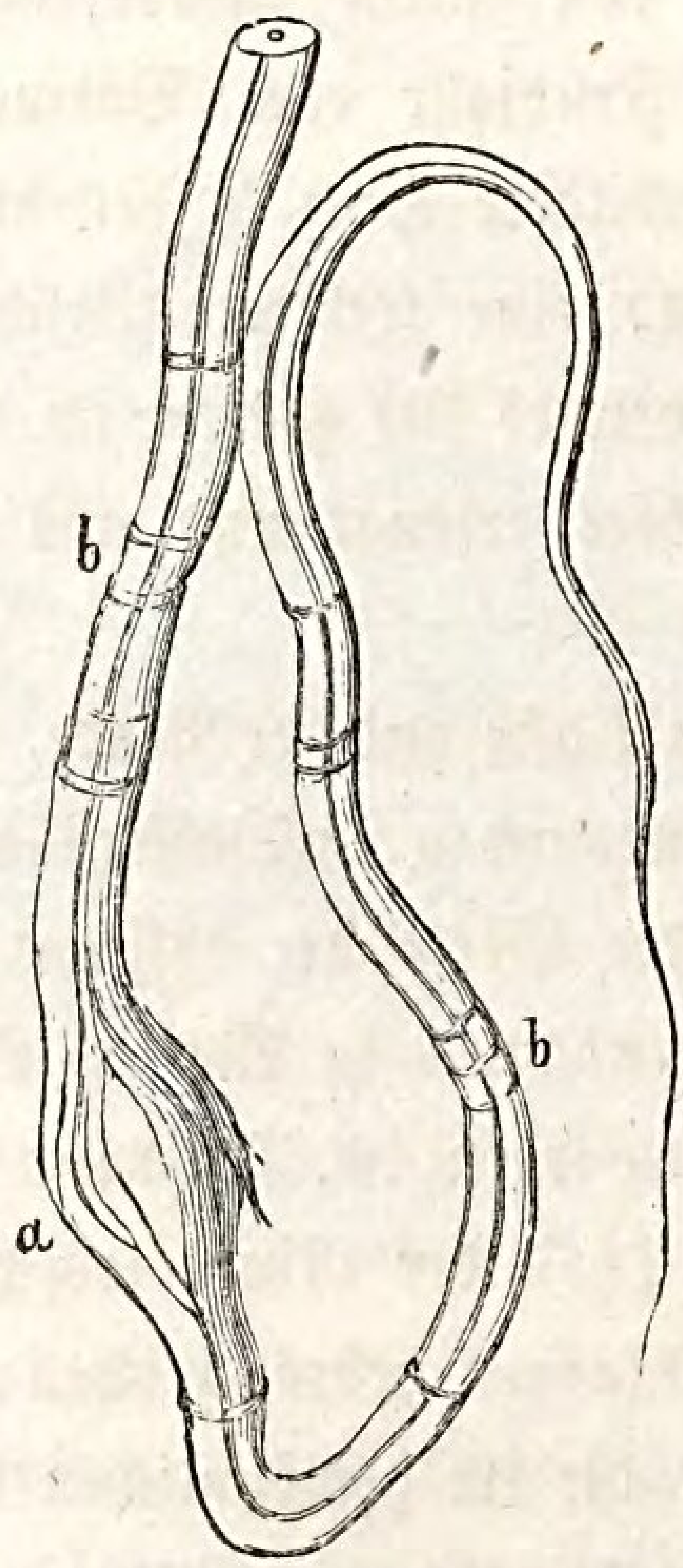
Bast. Legt man die Rinde des Lindenbaums in Wasser, bis die äußere Rindenschale zersetzt und brüchig geworden ist, so kann man nach dem Trocknen den inneren, faserigen Theil der Rinde losschälen; er stellt dann den zum Anbinden der Pflanzen gebräuchlichen Lindenbast dar. Die Schalen der Bäume, die im gewöhnlichen Leben schlechtweg Rinden genannt werden, bestehen keineswegs aus der eigentlichen Rinde allein, sondern aus zwei wesentlich verschiedenen Theilen, die nur sehr innig mit einander verwachsen sind; die äußere Schicht ist die eigentliche Rinde (Epidermis, Korksubstanz), die innere ist der Bast. Bast von Baumrinde.

429. Leinen ist der Bast von der Leinpflanze. Beim Rösten desselben geht die Rinde durch langanhaltende Einwirkung der Feuchtigkeit und der Luft in Verwesung (Thauröste) oder beim Liegen in Wasser (Wasserröste) in Fäulniß über und kann dann nach scharfem Trocknen durch Hin- und Herbiegen (Brechen) abgerieben werden; die Bastgefäße hingegen, welche nicht so schnell in Verwesung übergehen, bleiben übrig und geben, wenn man sie durch das sogenannte Hecheln möglichst von einander getrennt und zugleich parallel gelegt hat, den bekannten Flachs. Das hiebei abfallende Werg besteht aus verworrenen Bastfasern. Unter dem Mikroskop betrachtet, erscheinen die langgestreckten Zellen der Flachsfaser als gerade Röhren mit so dicken Wänden, daß sie nicht einsinken oder platt werden, son- Bast der Leinpflanze.

Bast der Leinpflanze.

dern eine egale, glatte, rundliche Walzenform zeigen. Durch diese äußere Beschaffenheit lassen sich die Leinenfasern von den Fasern der Baumwolle sehr genau (430.) unterscheiden. Bei dem zu Gespinnst oder Gewebe verarbeiteten Leinen bemerkt man außerdem noch geborstene Stellen (*a*), sowie knotenförmige Anschwellungen oder Querstreifen (*b*) an den Fasern, welche diesen ein gegliedertes Ansehen ertheilen; es sind dies Eindrücke, welche durch starken Druck oder durch Quetschung entstanden sind.

Fig. 182.



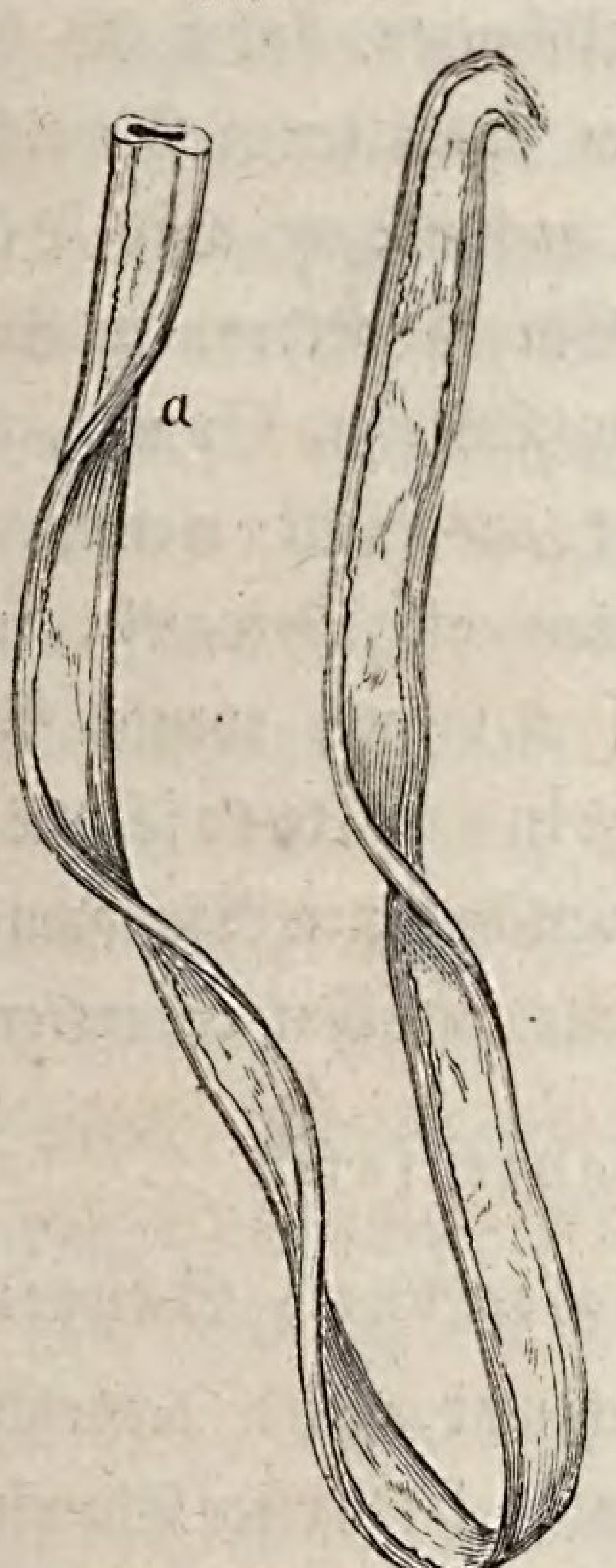

Bleichen der Pflanzenfaser.

Der Flachs hat eine graue Farbe, weil er einen grauen Farbstoff enthält, der in Wasser und Lauge nicht auflöslich ist, wohl aber in Lauge auflöslich wird, wenn man den Flachs, oder das daraus gesponnene Garn, oder die aus diesem gewebte Leinwand, lange Zeit hindurch dem Einflusse des Lichts, des Wassers und der Luft aussetzt. Dies geschieht auf dem Bleichplane durch Ausbreiten auf Rasen (Rasenbleiche). Der hiedurch veränderte und löslich gewordene Farbstoff wird von Zeit zu Zeit durch Kochen mit Lauge (Bäuchen) entfernt. Ein schnelleres Bleichen erzielt man durch Mitanwendung von Chlor, welches wegen seiner sehr starken Verwandtschaft zum Wasserstoff allen organischen Körpern Wasserstoff entzieht, wodurch sie farblos und auflöslich werden (Chlorbleiche). Man könnte hiebei die Frage aufwerfen, woher es komme, daß bei diesen beiden Bleichprocessen nur der Farbstoff, nicht aber zugleich die Pflanzenfaser zersetzt werde? Dies kommt daher, weil der Farbstoff aus vier Elementen (CHON), die Pflanzenfaser aber nur aus drei Elementen (CHO) besteht; der zusammengesetztere (4elementige) Stoff wird aber, nach 425., leichter und eher zersetzt werden, als der einfachere (3elementige)

Stoff. Wollte man die Leinwand, nachdem sie schon weiß geworden ist, auf die eine oder die andere Art noch länger bleichen, so würde nun auch die Pflanzenfaser zersetzt und mürbe werden; ein Fall, der oft zufällig eintritt, wenn Leinwand, Kattun oder Papier zu lange oder zu stark mit Chlor behandelt worden sind. Bleichen der Pflanzenfaser.

430. Die Baumwolle besteht aus zarten hohlen Haaren, die sich in der Baumwollenpflanze in bedeutender Menge um den Samen herum bilden. Vergrößert stellen diese Haare oder Fasern der Baumwolle gleichmäßige Röhren ohne Knoten und Querwände dar; entgegengesetzt wie bei der Leinfaser sind aber hier die Wände so dünn, daß sie zusammenfallen und sich zugleich drehen, wodurch die Röhre flach und unegal wird und ein gewundenes Ansehen erlangt. Die Baumwollfaser ist von Natur schön weiß (nur bei der Nanking-Baumwolle gelb) und bedarf also keiner Bleiche. Wenn dessenungeachtet aber die baumwollenen Garne und Zeuge doch gebleicht werden, so hat dies nur zum Zweck, die beim Spinnen und Weben derselben hinzugekommenen fettigen, schweißigen und mehligen Körper (Schlichte 2c.) wieder wegzuschaffen. Man bewirkt dies jetzt allgemein durch Kochen mit Natronlauge oder Kalkmilch und Einlegen in eine dünne Chlorkalkauflösung. Der hängengebliebene Kalk wird durch höchst verdünnte Säure (Sauerbad), die hängengebliebene Säure hinwiederum durch Spülen mit Wasser entfernt. Baumwolle

Fig. 183.




Wie wichtig die genannten Arten von biegsamer Pflanzenfaser (vegetabilische Faserstoffe) wegen ihrer Benutzung zu Garnen, Geflechten und Geweben aller Art sind, ist bekannt genug; wir kleiden uns

in Pflanzenfaser, wir schreiben und drucken darauf, wir erbauen daraus unsere Häuser ꝛc.

Pflanzenfaser und Wasser.

431. Pflanzenfaser und Wasser. **Versuch.** Man übergieße Sägespähne mit lauem Wasser und lasse sie einen Tag lang stehen, dann presse man das Flüssige durch ein Läppchen ab und bringe es zum Kochen: es wird eine schwache Trübung und nach längerer Ruhe ein lockerer Bodensatz entstehen. Das Wasser kann die Holzfaser nicht auflösen, wohl aber den darin enthaltenen Saft; in diesem Safte, wie in dem aller anderen Pflanzen, findet sich immer ein Stoff aufgelöst, der dem in den Eiern enthaltenen Eiweiß sehr ähnlich ist und wie dieses durch's Kochen gerinnt; er wird Pflanzeneiweiß genannt. In der von dem Eiweiß getrennten Flüssigkeit sind noch mancherlei andere Substanzen (Schleim, Gummi, Gerbstoff ꝛc.) aufgelöst, die durch Kochen nicht ausgefällt werden. Behandelt man die wieder getrockneten Spähne mit Weingeist, so löst dieser ebenfalls einige Substanzen (Harz ꝛc.) auf; ebenso Aether, Lauge und andere Flüssigkeiten. Um sich reine Cellulose aus Holz darzustellen, muß man dasselbe hienach mit verschiedenen Lösungsmitteln behandeln, um auf diese Weise alle Safttheile aus ihm zu entfernen.

## Veränderungen der Pflanzenfaser.

Pflanzenfaser und Säuren.

### a) Veränderung der Pflanzenfaser durch Säuren.

432. Holz, in Schwefelsäure getaucht, wird verkohlt, in Salpetersäure getaucht, gelb gefärbt und bei längerer Einwirkung ganz zerlegt, wie dies schon 160. und 173. bemerkt wurde. Die Schwefelsäure entzieht den Holzbestandtheilen Wasserstoff und Sauerstoff, welche sich zu Wasser verbinden und dann an die Schwefelsäure treten. Reine Cellulose wird dagegen von Schwefelsäure ohne Schwärzung zu einer kleisterähnlichen Masse (Holzschwefelsäure 434) gelöst; Baumwolle z. B. sehr leicht, Leinen schwerer. Man benutzt dieses verschiedene Verhalten zur Erkennung von baumwollenen Fäden in der Leinwand. Die Salpetersäure wirkt oxydirend auf die Holzbestandtheile, indem sie Sauerstoff an sie abgiebt. Bei sehr lange fortgesetzter Behandlung kann

endlich aller Kohlenstoff des Holzes zu Kohlensäure und aller Wasserstoff zu Wasser oxydirt werden. Chlor zersetzt die Pflanzenfaser durch Entziehung von Wasserstoff (429.). Ganz anders als die concentrirte Schwefelsäure wirkt die verdünnte; kocht man Papier, Leinwand ꝛc. viele Stunden lang mit dieser, so geht die Pflanzenfaser erst in Gummi und endlich in Zucker über.

433. Explodirende Pflanzenfaser oder Schießwolle (Pyroxylin, Nitrocellulose). Wird die Pflanzenfaser (Baumwolle, Hanf, Leinen, Sägespähne ꝛc.) kurze Zeit der Einwirkung von höchstconcentrirter Salpetersäure ausgesetzt, so erlangt sie die merkwürdige Eigenschaft, ähnlich wie Schießpulver, bei der Berührung mit einem glimmenden Körper mit der größten Heftigkeit zu verbrennen und zu verpuffen. Explodirende Baumwolle.

**Versuch.** Man vermische 1 Loth von der stärksten Salpetersäure (specif. Gew. = 1,5) mit 2 Loth englischer Schwefelsäure, gieße das Gemisch in einen Porzellanmörser oder eine Tasse und drücke so viel Baumwolle (Dochte, Kattun, Druckpapier ꝛc.) mit der Mörserpistille hinein, als davon durchweicht wird. Wenn die Wolle fünf Minuten lang geweicht hat, so nimmt man sie mit einem Glasstabe heraus, wirft sie in ein Gefäß mit Wasser und wäscht sie so lange mit immer neuen Mengen von Wasser, bis sie darauf gedrücktes blaues Probirpapier nicht mehr röthet. Man preßt nun die Wolle mit der Hand aus, breitet sie auf einen Papierbogen und trocknet sie an einem luftigen Orte. Das Trocknen auf einem Ofen ist gefährlich, da auf diesem leicht eine Entzündung eintreten kann. Bereitung.

Schlägt man die so bereitete Schießwolle auf einer eisernen Unterlage stark mit einem Hammer, so knallt sie heftig; berührt man sie mit einem heißen Draht oder einem glimmenden Spahn, so verbrennt sie blitzschnell, ohne etwas zurückzulassen; in Gewehre geladen, wirkt sie wie Schießpulver, ja ihre Wirkung ist noch 4- bis 5mal stärker als die des letzteren. Muß diese Wolle hienach als ein höchst gefährlicher Körper angesehen werden, so ist es unerläßlich, bei derartigen Versuchen die größte Vorsicht und nur ganz kleine Quantitäten Wolle auf einmal anzuwenden. Eigenschaften.

Collodium. **Collodium.** In Aether, dem man etwa ⅛ starken Alkohol zugesetzt hat, löst sich die Schießwolle zu einer syrupartigen Flüssigkeit auf, welche beim freiwilligen Verdampfen das Gelöste in Gestalt eines durchsichtigen, biegsamen Häutchens zurückläßt. Man benutzt diese Lösung unter dem Namen **Collodium** anstatt des Heftpflasters, ferner zur Bereitung von kleinen Luftballons u. a. m. Zu diesem Gebrauche bereitet man sich das Material am besten auf die Weise, daß man 1 Loth Baumwolle in ein noch warmes Gemisch aus 20 Loth gestoßenem Kalisalpeter und 31 Loth Schwefelsäure bringt, gut durcharbeitet und bedeckt 24 Stunden stehen läßt, worauf man sie mit großen Mengen Wasser vollständig auswäscht. Daß die Schwefelsäure die Salpetersäure des Salpeters frei macht und diese nun auf die Cellulose wirkt, ist kaum nöthig zu bemerken.

Zusammensetzung. Die **chemische Veränderung**, welche die Baumwolle erfährt, wenn sie in das erwähnte Säuregemisch getaucht wird, besteht der Hauptsache nach darin, daß sie einen Theil ihres Wasserstoffs und Sauerstoffs (als Wasser) abgiebt und dafür Salpetersäure (also Stickstoff mit viel Sauerstoff) aufnimmt. Die Schießwolle enthält sonach viel **mehr Sauerstoff** als die gewöhnliche Baumwolle, und außerdem noch **Stickstoff** in chemischer Verbindung; der erstere bewirkt die heftige Verbrennung, der letztere aber, sammt den durch die Verbrennung gebildeten Gasarten, die heftige Explosion. Die Schwefelsäure hilft nur indirect mit, indem sie das in der Salpetersäure enthaltene und das aus der Baumwolle ausscheidende Wasser an sich zieht und festhält. Aehnlich wie die Cellulose wird auch der **Mannazucker** durch Salpetersäure in eine explodirende Verbindung verwandelt (Nitromannit).

Paarungen. 434. **Gepaarte organische Verbindungen.** In der organischen Chemie bemerken wir häufig, daß organische Körper, die keine basischen Eigenschaften haben, sich doch mit Säuren, unorganischen und organischen, verbinden, als ob sie Basen wären, oder daß in gegentheiliger Weise organische Körper, die keine sauren Eigenschaften besitzen, sich doch mit Basen verbinden, als ob sie Säuren wären. So verbindet sich hier die Cellulose der Baumwolle, analog einer Basis, mit der Sal-

petersäure zu einem neutralen Körper, zu Pyroxylin oder Schießwolle. Paarungen.
Verbindungen solcher Art hat man gepaarte, und den organischen Körper, der in solcher Weise sich mit stärkeren, anderen entweder unorganischen oder organischen Körpern verbindet, den Paarling genannt.

Am häufigsten kommen Paarungen dieser Art bei den starken Säuren vor, und häufig behalten diese Säuren, wenn sie auch in ihren Eigenschaften durch den organischen Paarling verändert werden, ihren sauren Charakter, so daß sie sich noch mit wirklichen Basen zu Salzen zu vereinigen vermögen. Der Paarling geht dann, gleichsam als blinder Passagier, mit in solche Verbindungen ein und läßt sich daraus mit der Säure auch wieder abscheiden. In dieser Weise verbindet sich z. B. die Schwefelsäure mit Cellulose zu sogenannter Holzschwefelsäure, mit Aether zu Aetherschwefelsäure (503.), mit Indigblau zu Indigschwefelsäure (594.), mit Essigsäure zu Essigschwefelsäure, mit Oelsüß zu Glycerinschwefelsäure u. a. m.

Unter den starken Basen liebt es insbesondere das Ammoniak, sich zu paaren, und es ist wahrscheinlich, daß die organischen Basen (596), die immer Stickstoff enthalten, gepaarte Ammoniakverbindungen sind.

Als neutrale gepaarte Verbindungen können die Fettarten, Amygdalin, Salicin, Asparagin u. m. a. angesehen werden.

### b) Veränderung der Pflanzenfaser durch Alkalien.

435. Wie alkalische Stoffe auf die Pflanzenfaser wirken, kann man leicht wahrnehmen, wenn man ein Stück gebrannten Kalk in Papier einwickelt und einige Wochen darin liegen läßt: das Papier wird nach dieser Zeit ganz mürbe geworden sein. Die Landwirthe und Gärtner kennen diese Wirkung gar wohl, darum mengen sie Quecken und anderes Unkraut mit Kalk oder Asche, um ein schnelleres Verrotten oder Verwesen derselben zu bewirken. Pflanzenfaser und Alkalien.

### c) Veränderung der Pflanzenfaser durch Hitze bei freiem Luftzutritt.

436. Daß Holz 2c., an der Luft erhitzt, verbrennt, d. h. in Kohlensäure und Wasser zersetzt wird, davon ist schon früher ausführlich Verbrennung der Pflanzenfaser.

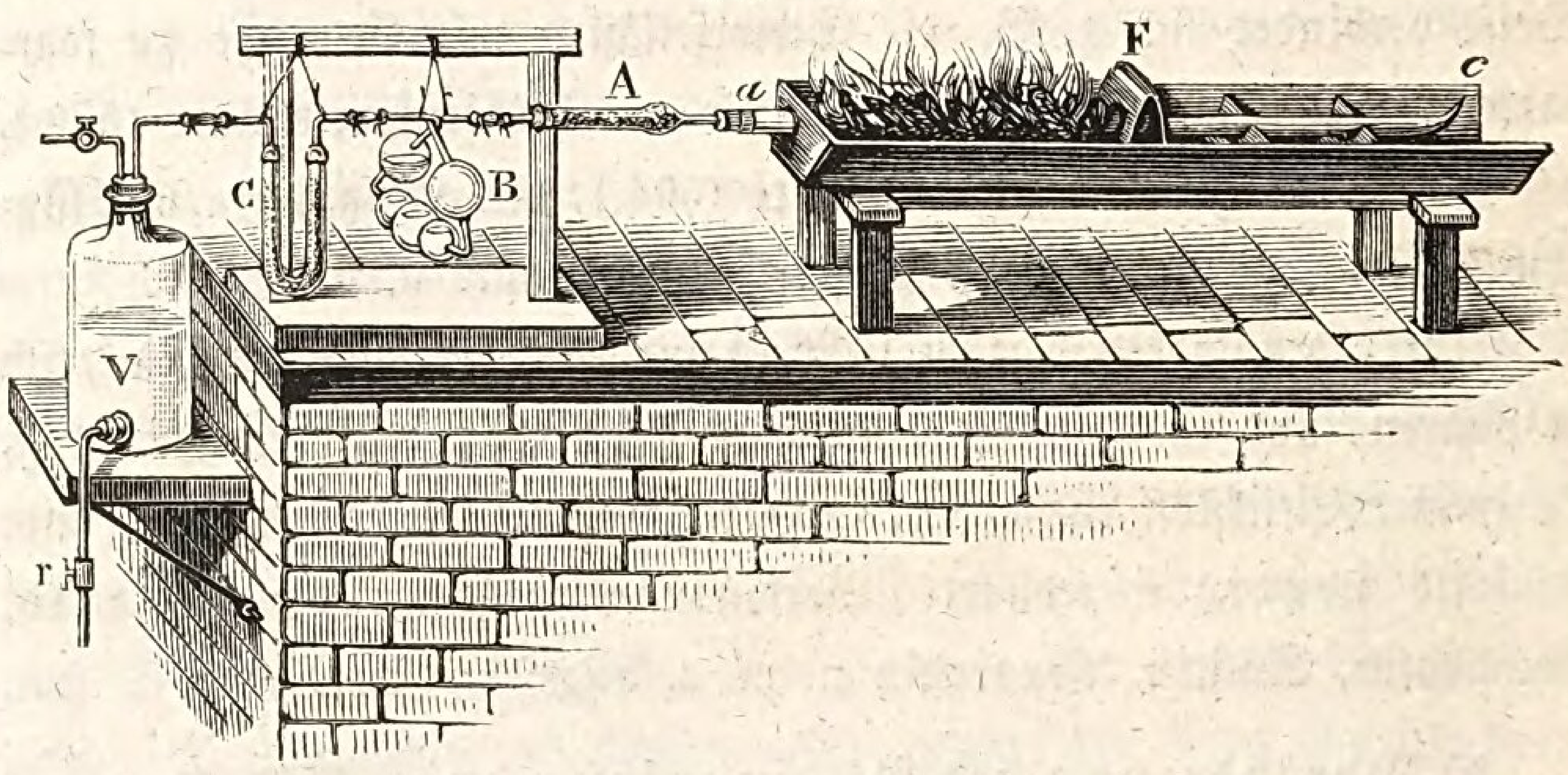
Verbrennung der Pflanzenfaser.

die Rede gewesen. Alle Pflanzenstoffe verbrennen auf gleiche Weise durch Hülfe des Sauerstoffs der Luft. Sind in denselben unorganische Stoffe (Salze und Erden) zugegen, so bleiben diese, weil sie nicht flüchtig sind, als Asche zurück.

Elementar-Analyse.

Elementar-Analyse. Statt durch den Sauerstoff der Luft, kann man die Pflanzenstoffe (desgleichen die Thierstoffe) auch durch den Sauerstoff anderer Körper, die man damit zusammenmischt, z. B. des Kupferoxyds, des chromsauren und chlorsauren Kali's, oder direct durch reines Sauerstoffgas verbrennen. Nimmt man eine solche Verbrennung in einer Röhre von schwer schmelzbarem Glase *ac* vor,

Fig. 184.




welche mit dem Chlorcalciumrohre *A* und dem Kali- oder Kugelapparate *B* verbunden ist, so wird das bei der Verbrennung gebildete Wasser durch das Chlorcalcium des ersteren, die erzeugte Kohlensäure aber durch die Kalilösung des letzteren zurückgehalten und man kann nun aus der Gewichtszunahme dieser beiden Gefäße das Gewicht des Wasserstoffs und Kohlenstoffs berechnen, welche der verbrannte Körper enthielt. Was an dem Gewichte des in Untersuchung genommenen Körpers noch fehlt, ist die Menge von Sauerstoff, die er enthielt. Das in der obigen Figur angegebene Uförmige Trocknungsrohr *C* dient zur Fixirung der etwa aus *B* entweichenden Dämpfe, die Aspiratorflasche *V* zur Nachsaugung der letzten Quantitäten von Wasserdampf und Kohlensäure aus der Verbrennungs-

röhre, und der Blechschirm $F$ zur allmäligen Fortleitung des Feuers, welches man durch glühende Kohlen in dem als Ofen dienenden Blechkasten um die Verbrennungsröhre herum erzeugt. Die eigenthümliche Form des Kaliapparates bewirkt eine wiederholte und sehr innige Berührung der gasförmigen Verbrennungsproducte mit der Flüssigkeit, da diese sich von Kugel zu Kugel durch die Kalilösung hindurchdrängen müssen. Auf die angegebene Weise ist man im Stande, die in einem organischen Körper enthaltenen drei Elemente: Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff mit großer Genauigkeit zu bestimmen; man nennt eine derartige Untersuchung deshalb eine Elementar-Analyse. Elementar-Analyse.

Enthält ein organischer Körper außer den drei genannten Elementen auch noch Stickstoff, so entweicht derselbe bei der Verbrennung unverbunden als Gas und kann bei einer besonderen Analyse gesammelt und bestimmt werden. Erhitzt man solche Körper hingegen mit starken wasserhaltigen Basen, z. B. mit Kali- oder Natron-Hydrat und Kalk, so entweicht (mit wenigen Ausnahmen) der in ihnen enthaltene Stickstoff mit Wasserstoff verbunden als Ammoniak (235.), aus dem sich ebenfalls der Stickstoffgehalt genau berechnen läßt, wenn man es in einem mit Säure angefüllten Kugelapparate auffängt und dann in Chlorplatinammonium verwandelt.

### d) Veränderung der Pflanzenfaser durch Hitze bei gehindertem Luftzutritt.

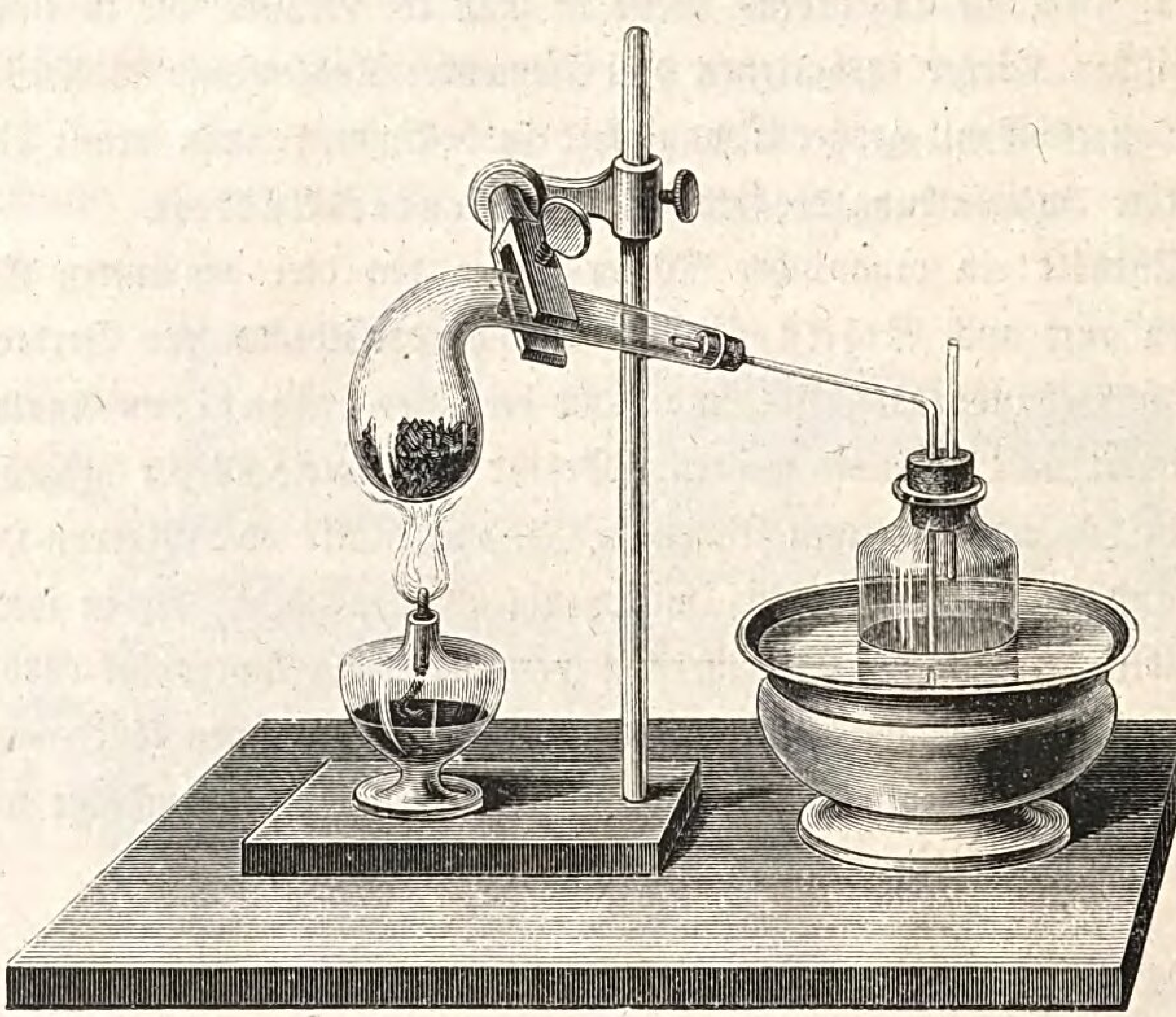
437. **Unvollständige Verbrennung des Holzes.** Wird Holz bei ungenügendem Luftzutritte erhitzt, wie dies z. B. in den meisten unserer Oefen der Fall ist, so bleibt ein Theil Kohlenstoff unverbrannt und setzt sich aus den Luftarten, welche die Flamme bilden, als Ruß ab. Ebenso nimmt hiebei ein Theil des verbrennenden Kohlenstoffs nur halb so viel Sauerstoff auf, als bei reichlich vorhandener Luft, und es bildet sich außer Kohlensäure auch Kohlenoxydgas (Kohlendunst). Daß außer diesen Verbindungen sich aber auch noch andere eigenthümliche Substanzen bilden, zeigt schon der auffallende Geruch des Rauches und der in den Schornsteinen sich absetzende saure Unvollständige Verbrennung der Pflanzenfaser.

Unvollständige Verbrennung der Pflanzenfaser.

und harzige Glanzruß. Viel deutlicher lassen sich diese Zersetzungsproducte der Pflanzenfaser wahrnehmen, wenn man das Holz bei ganz abgeschlossener Luft erhitzt.

**Versuch.** Man unterwerfe Holz, wie es 119. beschrieben wurde, der trocknen Destillation; man erhält dabei viererlei durch ihr

Fig. 185.



Aeußeres leicht zu unterscheidende Producte: 1) Holzkohle, die, weil sie nicht flüchtig ist, zurückbleibt; 2) Leuchtgas, ein Gemenge von Kohlenwasserstoffgasen, Kohlensäure und Kohlenoxydgas, welches man unter dem Namen Holzgas jetzt, wie das Steinkohlengas, zur Beleuchtung benutzt, nachdem man es zur Erhöhung seiner Leuchtkraft durch eine glühende Röhre getrieben und durch Kalk von der Kohlensäure befreit hat; 3) Holzessig, eine wässerige, saure Flüssigkeit; 4) Holztheer, eine dicke, braune, harzige Flüssigkeit. Die beiden ersten Körper wurden früher schon besprochen, es sind daher nur noch die beiden letzteren etwas näher zu betrachten.

438. **Holzessig.** Aus 1 Pfund trocknen Buchenholzes erhält man ziemlich ½ Pfund Holzessig. In rohem Zustande hat dieser eine braunschwarze Farbe, welche von aufgelöstem Theer herrührt, einen brenzlichen Geruch und einen sehr sauren, unangenehm brenzlichen Geschmack. Seine Hauptbestandtheile sind **Essigsäure** und **Wasser**; außerdem enthält er **Kreosot**, **Holzgeist** und mehre andere eigenthümliche Stoffe. Wegen seines Essigsäuregehalts und seiner Billigkeit wird er jetzt vielfach zur Darstellung von essigsauren Salzen, insbesondere von solchen, die in der Druckerei und Färberei Anwendung finden, gebraucht, z. B. zu holzessigsaurem Eisenoxyd, Bleioxyd, Natron ꝛc. Holzessig

**Versuch.** Auf ein Stück mageres **Rindfleisch** gieße man Holzessig und lasse es einige Stunden durchweichen; das Fleisch kann nun getrocknet und aufgehoben werden, ohne daß es in Fäulniß übergeht, denn es hat durch den Holzessig in einigen Stunden dieselbe Veränderung erfahren und dieselbe Haltbarkeit erlangt, die man ihm gewöhnlich durch mehrwöchentliches Aufhängen in Rauch ertheilt (Schnellräuchern).

Diese fäulnißhemmende Kraft erlangt der Holzessig durch einen eigenthümlichen Stoff, der den Namen **Kreosot** (Fleischerhalter) bekommen hat, und von dem 1 Pfund Holzessig ungefähr ½ Loth aufgelöst enthält. Das reine Kreosot ist eine farblose allmälig sich bräunende, öläbnliche Flüssigkeit, welche sehr stark nach Rauch riecht, sehr brennend schmeckt und dabei die zarte Haut der Zunge oder der Lippe zerbeizt, und eingenommen höchst giftig wirkt. Man wendet das Kreosot jetzt häufig, in der Regel mit Nelkenöl versetzt, gegen Zahnweh an, muß es aber in diesem Falle noch mit etwas Weingeist, in dem es sich leicht löst, verdünnen, weil es außerdem zu ätzend wirkt. Ein reichliches Quentchen Wasser kann 1 Tropfen Kreosot auflösen; diese Auflösung (Kreosotwasser oder Aqua Binelli), die auf Fleisch ebenso wirkt wie Holzessig, wird als blutstillendes Mittel angewendet. Der Rauch, der sich bei der nie ganz vollständigen Verbrennung von Holz oder Steinkohlen in unseren Oefen bildet, enthält immer etwas Kreosotdampf, und diesem verdankt er seinen eigenthümlichen Geruch und die Eigenschaft, die Augen zu Thränen zu reizen. Alles, was die Kreosot.

Kreosot. vollständige Verbrennung hindert, z. B. mangelnder Luftzug, nasses Brennmaterial, muß demnach die Kreosotbildung vermehren und den Rauch beißender machen. Zum Räuchern von Fleisch ist dieser Rauch gerade der wirksamste, daher erzeugt man ihn zu diesem Behufe absichtlich durch Feuer von grünem Reißigholze oder durch Hemmung des Luftzuges.

Holzgeist. 439. Holzgeist (Methylalkohol). Destillirt man den Holzessig sehr langsam, so geht zuerst eine geistige, flüchtige, branntweinähnliche Flüssigkeit über, die roher Holzgeist genannt wird. Der Hauptsache nach besteht diese Flüssigkeit aus einem Körper, welcher in seinen Eigenschaften und Umwandlungen die größte Aehnlichkeit mit dem Alkohol oder Weingeist hat, aber in anderer Weise zusammengesetzt ist. Man hat sie, dieser Aehnlichkeit wegen, Holzgeist oder Holzalkohol (Methyloxydhydrat) genannt und gewinnt sie in den Holzessigfabriken in solcher Menge, daß man sie, bis zu 70° bis 80° Tr. durch Rectification verstärkt, als Brennspiritus verkauft (518.).

Holztheer. 440. Der Holztheer ist harziger Natur, d. h. nicht löslich in Wasser, wohl aber in Weingeist; außerdem ist er sehr kohlenreich, wie schon einigermaßen aus seiner schwarzen Farbe geschlossen werden kann. Bei der Destillation trennt er sich in ein flüchtiges Oel (Holztheeröl) und in ein nichtflüchtiges, schwarzes Brandharz oder Pech (576.). Dieselbe Trennung erfolgt auch, nur langsamer, wenn man Holz mit Theer anstreicht; das in den Poren des Holzes erhärtende Harz verhindert dann das Eindringen des Wassers, und hiedurch, wie durch das auch im Holztheer enthaltene Kreosot, wird die Zersetzung des Holzes durch die Fäulniß verhindert (Theeren und Kalfatern der Schiffe 2c.). Wird das Holztheeröl stark abgekühlt, so setzt sich aus ihm ein krystallinischer, wachsähnlicher Körper, Paraffin genannt, ab, der gereinigt eine blendendweiße, durchscheinende, perlmutterglänzende Masse darstellt, die man neuerdings zur Kerzenfabrikation verwendet, seitdem man sie durch trockne Destillation gewisser Braunkohlen- und Torfsorten in größeren Mengen gewinnt.

Die trockne Destillation des Holzes zeigt auf eine recht in die Augen fallende Weise, wie außerordentlich leicht und mannichfach die

organischen Körper sich zersetzen und in ganz auffallend neue Körper umwandeln lassen. Nur erhitzt braucht das Holz zu werden, um in eine Säure und einen branntweinähnlichen Körper, in öl-, wachs- und harzartige Stoffe, in Leuchtgas und Kohle zu zerfallen. Und hiemit ist die Zersetzung nicht etwa geschlossen. Außer den hier genannten Körpern ist mindestens noch ein Dutzend anderer aufgefunden worden, die gleichzeitig mit erzeugt werden, und jeder dieser Körper läßt sich wieder durch Erhitzung, durch Behandlung mit Säuren, Basen, Chlor u. s. w. in zahllose andere umwandeln. In dieser Region steht den chemischen Forschungen ein Feld offen, das gar keine Gränzen hat, ein Feld, das um so unabsehbarer sein muß, als alle Pflanzenstoffe, bei Abschluß von Sauerstoff erhitzt, verkohlt und in brenzliche Producte, die aber bei verschiedenen Körpern wieder verschieden sind, zerlegt werden, wie man dieses bei der trocknen Destillation des Tabacks in den Tabackspfeifen, der Steinkohlen, Braunkohlen 2c. recht deutlich sehen kann.

441. Unvollständige Verbrennung der Steinkohlen. Steinkohlen und Braunkohlen sind aus Pflanzen der Vorzeit entstanden, die bei einer Erdrevolution zusammengeschwemmt und tief unter Schlamm und Erde begraben wurden. Erhitzt man Steinkohlen beim Abschluß der Luft, so erhält man, ähnlich wie aus Holz: 1) Kohle (Coaks), 2) brennbare Gase (Leuchtgas), 3) eine wässerige, brenzliche Flüssigkeit (Theerwasser), und 4) eine harzige, schwarze, dicke Flüssigkeit (Steinkohlentheer).

Unvollständige Verbrennung der Steinkohlen.

Das aus Steinkohlen erhaltene Theerwasser enthält nur eine Spur Essig, in größerer Menge dagegen einen basischen Köiper, Ammoniak, mit Kohlensäure verbunden; man kann es daher als Düngemittel oder zur Salmiakbereitung verwenden.

Der Steinkohlentheer, welcher jetzt sehr allgemein zum Anstreichen von Holz, Eisen und Lehmdächern (Dorn'sche Dächer; besser sind jedoch die mit Theer gekochten Dachpappen) gebraucht wird, um sie gegen Feuchtigkeit zu schützen, kann zwar, wie der Holztheer, durch Destillation ebenfalls in einen flüchtigen Theil (Steinkohlentheeröl) und

Steinkohlentheer.

Steinkohlentheer. in einen pechartigen, nichtflüchtigen Theil (künstlicher Asphalt) getrennt werden; die darin enthaltenen besonderen Stoffe sind aber zum Theil ganz anderer Art, wie die des ersteren. Die merkwürdigsten, näher gekannten darunter sind: Carbolsäure oder Phenylsäure (farblose Krystalle, die wie Bibergeil riechen), Benzol oder Benzin und Toluol (brennbare, ölähnliche Flüssigkeiten), Leukolin (auch ölähnlich), Anilin oder Kyanol (eine ölähnliche Basis, die Chlorkalk violettblau färbt), Picolin (auch eine ölähnliche Basis) und Naphtalin. Von diesen Stoffen ist das Naphtalin, ein weißer, kamphorähnlicher Körper, am genauesten untersucht worden, und es mögen von den bei diesen Untersuchungen dargestellten neuen Verbindungen nur einige dem Namen nach hier aufgeführt werden, lediglich um zu zeigen, welche Fluth von neuen, sonderbaren Namen durch diesen einzigen Stoff über die Chemie hereingebrochen ist. Durch Einwirkung der Salpetersäure auf das Naphtalin entstehen folgende Stoffe: Nitronaphta-lase, -lese, -leise, -lise, -le, -lesinsäure, -leseinsäure, -lisinsäure, Phtalsäure, Phtalimide ꝛc.; durch Behandlung mit Chlor: Chlornaphtalase, -lese, -lise, -lose ꝛc.

Theer aus Torf und Braunkohle. Torf, Braunkohle, Blätterschiefer ꝛc. liefern bei der trocknen Destillation ähnliche Producte wie Holz und Steinkohle. Aus dem hievon gewonnenen Theer stellt man jetzt fabrikmäßig Paraffin und Oele dar, indem man denselben wiederholt destillirt. Die zuerst übergehenden, leichtflüchtigen Oele werden als Brennöle zur Beleuchtung verwendet (Mineralöl, Photogene, Hydrocarbür ꝛc.), die zuletzt abdestillirenden, dickeren als Schmieröle.

Asphalt; Steinöl ꝛc. 442. Eine ähnliche Zerlegung, wie sie die Steinkohlen bei der trocknen Destillation erfahren, muß wohl auch an manchen Orten im Innern der Erde durch vulcanische Hitze stattfinden; denn wir sehen, daß in vielen Ländern Körper entweder aus der Erde hervordringen oder in der Erde lagern, die sehr große Aehnlichkeit mit den Destillationsproducten der Steinkohlen haben, wie sich aus der nachstehenden Zusammenstellung ergeben wird.

| Künstlich werden aus Steinkohlen erzeugt: | Natürlich werden in der Erde angetroffen: |
|---|---|
| a) Leuchtgas. — | a) Brennbare Gase (heiliges Feuer der Parsen), strömen hie und da aus Felsenspalten. |
| b) Steinkohlentheeröl. — | b) Steinöl, quillt in Persien aus der Erde hervor. |
| c) Steinkohlentheer. — | c) Bergtheer, wird in manchen Erdschichten Persiens und Frankreichs 2c. angetroffen. |
| d) Künstl. Asphalt — (Steinkohlenpech). | d) Natürlicher Asphalt (Judenpech), findet sich im todten Meere und in anderen asiatischen Seen. |
| e) Ammoniakalisches Theerwasser. — | e) Ammoniakhaltiges Wasser, strömt als Dampf, in Gemeinschaft mit Borarsäure, bei Toscana aus der Erde. |
| f) Coak (C). | f) Anthracit (C), kommt, wie Steinkohle, in mächtigen Lagern in der Erde vor. |

Asphalt: Steinöl 2c.

### e) Veränderung der Pflanzenfaser durch Luft und Wasser (Verwesung und Fäulniß).

443. **Verwesung.** Läßt man Pflanzenfaser, z. B. Holz, Blätter, Stroh 2c., an der Luft liegen, so saugen sie Feuchtigkeit ein und werden allmälig braun und mürbe: sie gehen in **Verwesung** über. Der chemische Proceß, der hiebei eintritt, hat sehr große Aehnlichkeit mit der Veränderung, welche das Holz beim Verbrennen erleidet, er geht nur ungleich langsamer von Statten; was bei der Verbrennung in Minuten geschieht, das bewirkt die Verwesung erst in Jahren. Bei der Verbrennung wird aus den Bestandtheilen des Holzes und dem Sauerstoff der Luft Kohlensäure und Wasser; dieselben Producte werden auch bei der Verwesung des Holzes gebildet. Bei der Verbrennung oxydirt sich der Wasserstoff schneller als der Kohlenstoff; Gleiches geschieht auch bei der Verwesung. Aus dem zuletzt angegebenen Verhalten erklärt es sich leicht, warum das Holz, ebenso beim Verbrennen wie beim Verwesen, eine dunklere, erst braune, zuletzt schwarze Farbe annimmt; wenn ver-

Verwesung der Pflanzenfaser.

hältnißmäßig mehr Wasserstoff fortgeht als Kohlenstoff, so muß nothwendiger Weise der Rückstand bei immer weiter fortschreitender Zersetzung kohlenreicher und damit in der Regel auch dunkelfarbiger werden.

Humus.

444. **Humus.** Die braune oder schwarze Masse, in welche die Pflanzenstoffe, während sie verwesen, zerfallen, hat den Namen **Humus** erhalten. Wie Holz, welches nur theilweise verbrannt ist, noch weiter verbrennen kann, so zersetzt sich auch der Humus allmälig weiter, und in beiden Fällen behält man zuletzt, nach beendigter Verbrennung oder Verwesung, nur eine geringe Menge von nichtflüchtigen Salzen und Erden — die **Asche** — übrig, die das Holz während seines Wachsthums aus der Erde aufgesogen hatte. Denkt man sich, diese beiden Zersetzungsprocesse gehen in zwei Perioden vor sich, so entsteht:

| bei der Verbrennung | | bei der Verwesung | |
|---|---|---|---|
| aus dem Holze in der 1. Periode: | Wasser (viel), Kohlensäure, halbverbranntes Holz; | aus dem Holze in der 1. Periode: | Wasser (viel), Kohlensäure, Humus; |
| aus dem halbverbrannten Holze in der 2. Periode: | Wasser (wenig), Kohlensäure, | aus dem Humus in der 2. Periode. | Wasser (wenig), Kohlensäure, |
| übrig bleibt: | Asche. | zurückbleibt: | Asche. |

Humus in der Ackererde.

**Humus** bedeutet so viel als **verwesende organische Stoffe**. In diesem Sinne ist der Name Humus schon seit langen Zeiten in der Landwirthschaft bekannt und geehrt. Humusdecke wird die obere, schwarze oder braune Erdschicht genannt, die sich in den Wäldern durch Verwesung der abgefallenen Blätter gebildet hat; humusreich die dunkle, fette Ackererde, in der sich viele halbzersetzte organische Stoffe befinden; humusarm die dürre, helle Erde, in der sie fehlen. Der Landwirth weiß, daß, entgegengesetzt dem Waldboden, der Humus in seinen Feldern sich vermindert, wenn er diese nicht gehörig düngt oder zu oft Halmfrüchte nach einander darauf baut; er weiß, daß humus-

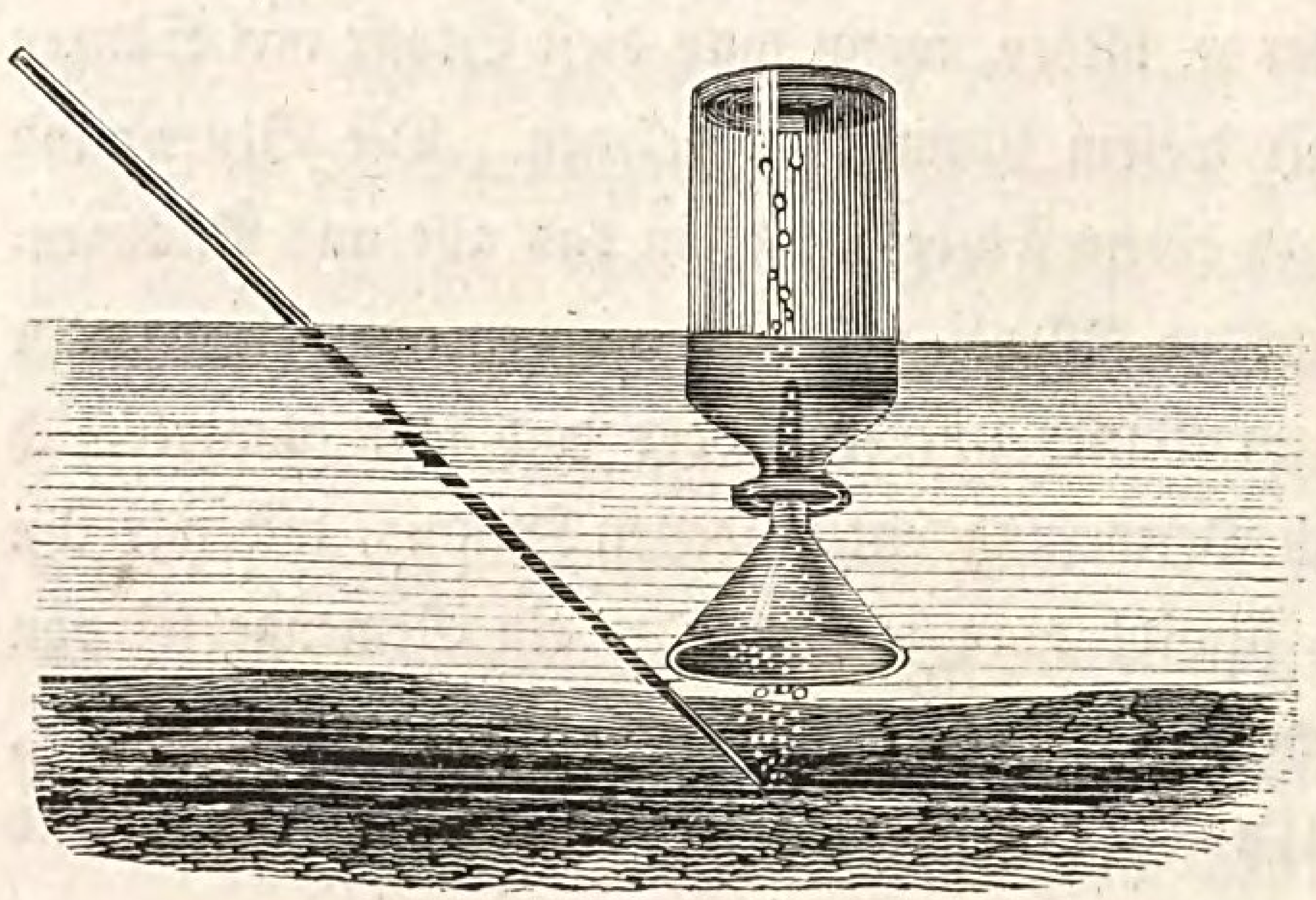
reiche Felder in der Regel fruchtbarer sind als humusarme; er sucht daher den durch die Vegetation verzehrten Humus durch Unterackern von Stroh und Thierexcrementen (Düngung) oder von grünen Pflanzen (Gründüngung), oder durch Abwechselung von Pflanzen, die viele Wurzeln in dem Boden zurücklassen (Brachfrüchte), mit solchen, die nur schwach bewurzelt sind (Getreide), in seinen Feldern wieder zu ersetzen. Auf einem Acker Land, welcher mit Klee bebaut war, bleiben mehre 1000 Pfund Wurzeln in der Erde zurück, auf einem mit Korn oder Weizen bebauten vielleicht nur $1/4$ so viel: es ist daher klar, daß sich in dem ersteren Falle 5- bis 6mal mehr Humus durch die Verwesung der Wurzeln erzeugen muß, als in dem letzteren. Die Erhöhung der Fruchtbarkeit, welche der Landwirth auf die angegebene Weise erzielt, ist indeß nicht dem Humus allein zuzuschreiben, sondern es haben daran auch die unorganischen Stoffe (Salze und Erden), die in den Düngemitteln und dem Erdboden enthalten sind, einen bestimmten Antheil (611.). Humus in der Ackererde.

Betrachtet man die Entstehung des Humus, so wird man leicht wahrnehmen, daß unter diesem Namen sehr verschiedenartige Stoffe vorkommen müssen, denn die Zusammensetzung desselben ändert sich mit jedem Tage, da mit jedem Tage ein wenig Kohlenstoff und Wasserstoff davon oxydirt und ausgeschieden wird. Alter Humus enthält demnach immer mehr Kohlenstoff in seiner Mischung als junger. Noch schwankender wurde der Begriff von Humus, als die Chemiker auf die Idee kamen, auch andere braune oder schwarze Stoffe, die sich beim Abdampfen von Pflanzensäften oder Pflanzenabkochungen, oder aus Holz, Stärke, Zucker 2c. bilden, wenn man diese Stoffe mit Säuren oder Alkalien kocht, mit diesem Namen zu belegen. Die Benennung Humus wurde dadurch zu einem Findelhause, in das alle aus Pflanzen- oder Thierstoffen entstandene Körper gebracht wurden, die braun oder schwarz aussahen und im Wasser unlöslich oder doch sehr schwerlöslich waren. Von dem durch Verwesung entstandenen Humus, wie wir ihn in der Ackererde finden, glaubt man jetzt, daß er ein Gemenge sei von mehren selbständigen braunen Stoffen, nämlich von Ulmin, Humin, Ulminsäure, Huminsäure, Geïnsäure, Quellsäure und Veränderlichkeit des Humus.

Veränderlichkeit des Humus. Quellsatzsäure, die sich in der angegebenen Reihenfolge nach einander aus der Pflanzenfaser bilden. Die zwei letzteren Säuren, Quell- und Quellsatzsäure, sind in Wasser löslich und zum Theil die Ursache der gelben oder bräunlichen Farbe, welche wir an dem Sumpf- oder Torfwasser wahrnehmen; die drei anderen Säuren sind im Wasser nur dann löslich, wenn man Alkalien hinzusetzt; die zwei ersten Stoffe endlich, Ulmin und Humin, können weder durch Wasser noch durch Alkalien auflöslich gemacht werden. Hienach haben wir uns unter dem Gesammtausdruck Humus ein Gemenge von braunen, zum Theil löslichen, zum Theil unlöslichen, zum Theil sauren, zum Theil neutralen Verwesungsstoffen zu denken, welche sich bei Gegenwart von Luft, Wasser und Wärme ununterbrochen weiter zersetzen und dabei **Kohlensäure**, **Wasser**, nebst etwas **Ammoniak** entwickeln. Kohlensäure, Wasser und Ammoniak sind unentbehrliche Nahrungsmittel für die Pflanzen; in humusreichem Boden werden daher die Pflanzen kräftiger emporwachsen, weil sie darin mehr von diesen drei Nährstoffen antreffen und durch ihre Wurzelfasern aufsaugen können, als in einem humusarmen Erdreiche. Außerdem wirkt der Humus noch wohlthätig auf die Vegetation, weil er durch die Entwickelung von Kohlensäure das Erdreich auflockert, weil er die Fähigkeit hat, Wasser aus der Luft anzuziehen und lange in sich festzuhalten, und weil er durch die in ihm enthaltenen Säuren auch noch Ammoniak aus der Luft, wie auch aus dem Dünger aufzusaugen und festzuhalten vermag.

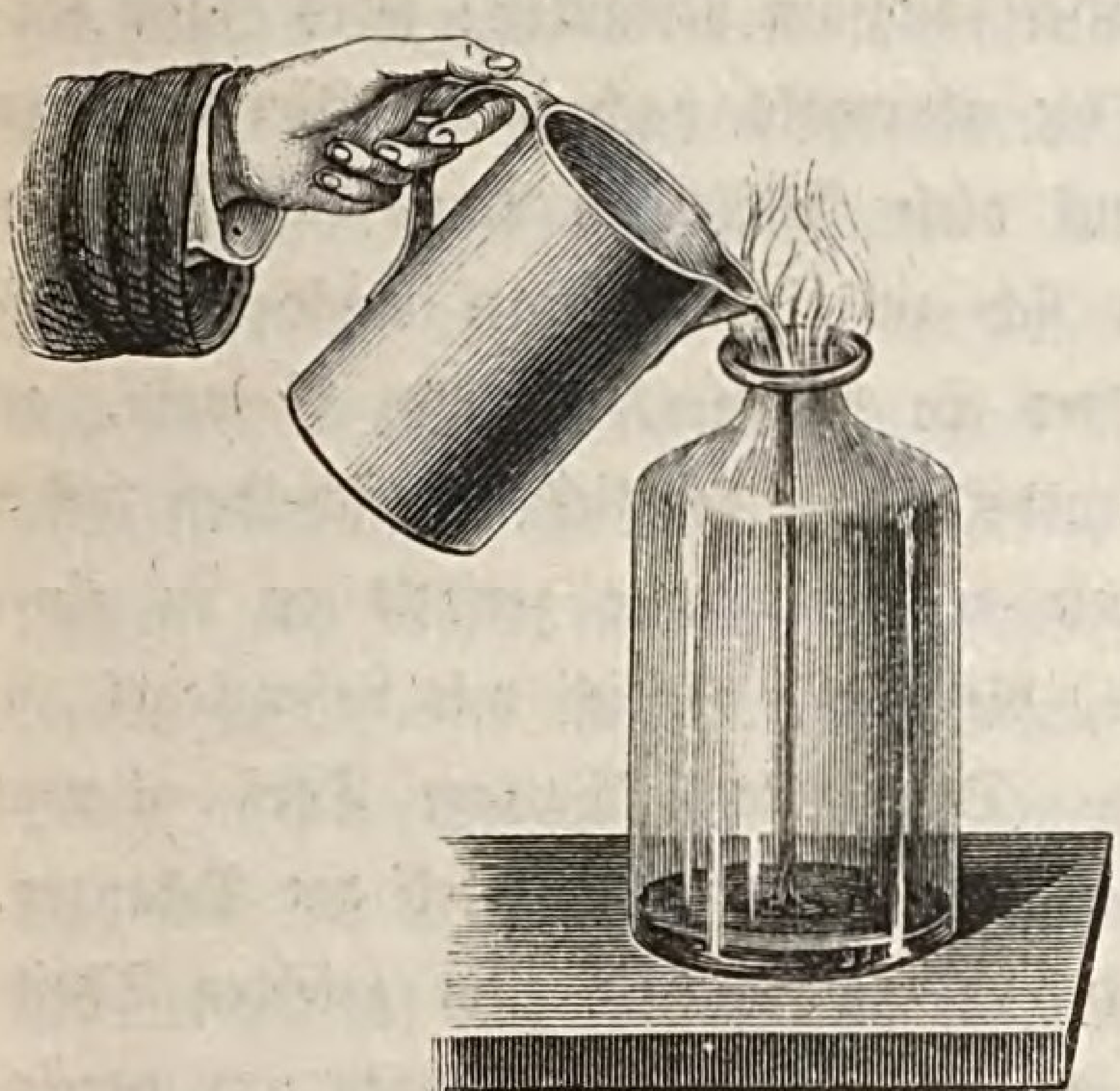
Fäulniß der Pflanzenfaser. 445. **Fäulniß.** In etwas anderer Weise erfolgt die Zersetzung der Pflanzenfaser, wenn die Luft gar nicht oder nur unvollständig zutreten kann, wenn z. B. die Zersetzung **unter Wasser** erfolgt, wie wir sie in Teichen, Sümpfen und Flüssen wahrnehmen.

Fig. 186



**Versuch.** Man bohre einen Stab in den Schlamm eines Teiches ein und fange die emporsteigenden Luftblasen in einer darüber gehaltenen mit Wasser gefüllten Flasche auf; die Flasche wird unter Wasser verstöpselt, wenn alles Wasser herausgedrängt ist. In die Flasche bringt man ein wenig Wasser und nachher ein kleines Stückchen Aetzkali oder Aetzkalk, verstopft sie schnell, schüttelt sie einige Minuten und entfernt dann den Kork unter Wasser: es wird ein Theil des letzteren eindringen, weil die Basen eine Quantität des Gases verschluckt haben. Das verschluckte Gas war Kohlensäure. Hält man nun einen brennenden Holzspahn an die Oeffnung der Flasche und treibt das übrige Gas durch Zugießen von Wasser aus, so entzündet es sich und verbrennt mit blauer Flamme. Man nennt dieses Gas Sumpfgas (leichtes Kohlenwasserstoffgas); es besteht aus Kohlenstoff und Wasserstoff, wie das gewöhnliche Leuchtgas, enthält aber, mit diesem verglichen, eine geringere Menge von Kohlenstoff und brennt deswegen, ohne stark zu leuchten. Diese beiden Gasarten, Kohlensäure und Sumpfgas, sind aus dem Holze, den Blättern, Zweigen, Wurzeln 2c. der Pflanzen entstanden, die in's Wasser kamen, darin zu Boden sanken und daselbst zersetzt wurden. Sumpfgas.

Fig. 187.



Bei mangelndem Sauerstoff verbindet sich also der Wasserstoff der Pflanzenfaser mit einem Theile des Kohlenstoffs, während er sich bei Ueberfluß an Sauerstoff mit diesem vereinigt. Auch hier bleibt eine kohlenstoffreichere, dem Humus ähnliche Masse zurück, in den Teichen als schwarzer Schlamm, in den Sümpfen als Torf. Diese Art der Zersetzung wird Fäulniß genannt; sie hat einige Aehnlichkeit mit der Veränderung, welche das Holz bei der unvollständigen

Fäulniß der Pflanzenfaser. Verbrennung (Verkohlung, trockne Destillation) erleidet, wie folgende Zusammenstellung zeigt:

| Bei der Verkohlung | | Bei der Fäulniß | |
|---|---|---|---|
| wird die Pflanzenfaser verwandelt in | a) Leuchtgas, b) Kohlensäure, c) theilweise verbrannte Stoffe (Theer, Coak 2c.). | wird die Pflanzenfaser verwandelt in | a) Sumpfgas, b) Kohlensäure, c) theilweise verfaulte Stoffe (Schlamm, Torf). |

Torf. 446. Der **Torf** (Moor, Moder, saurer Humus) bildet sich aus Sumpfpflanzen, die unter Wasser langsam verfaulen; jedes Jahr entsteht eine neue Vegetation, die abermals nach ihrem Vergehen zu Boden sinkt, und es kann auf diese Weise im Laufe der Zeit ein Morast ganz zuwachsen, ja sich zu einem Hügel erhöhen (Hochmoore). Der junge Torf bildet ein braunes, faseriges Gewebe, an dem sich die einzelnen Pflanzentheile noch deutlich unterscheiden lassen (Wurzel- oder Stechtorf); mit der Zeit aber zerfällt er zu einer schwarzen, schlammigen Masse, die man, ähnlich wie Lehmziegel, in Stücken formt (Streichtorf). Der alte schwarze Torf glimmt nur beim Verbrennen, ein Beweis, daß der Wasserstoff der Pflanzen, aus denen er entstanden, während der Fäulniß zum größten Theile abgeschieden wurde. Dagegen kommen aber auch, obwohl nur vereinzelt, Torfsorten vor, die so mit Erdharz, Paraffin oder wachsartigen Stoffen durchzogen sind, daß sie mit lebhafter Flamme brennen (Leuchttorf). Die Torfmasse ist dem Wachsthum der Pflanzen sehr ungünstig; entsäuert man dieselbe aber, nach Entfernung der stauenden Nässe, sei es durch Neutralisation der Säure mittelst Asche oder Kalk, durch langes Aussetzen an die Luft, oder durch theilweises Brennen 2c., so geht sie allmälig in milden (neutralisirten) Humus über und wirkt nun sehr günstig auf die Vegetation.

Säuerlinge. 447. **Säuerlinge.** Bei der Torfbildung erzeugt sich, wie oben bemerkt worden, fortwährend Kohlensäure; ein Theil dieser Kohlen-

säure bleibt im Wasser gelöst, und hieraus erklärt es sich, warum die Gewässer, die durch Torflager in die Erde sickern und an tieferen Stellen als Quellen wieder zum Vorschein kommen, oft so viel Kohlensäure enthalten, daß sie als Mineralwässer (Säuerlinge) gebraucht werden können. Finden sie unterwegs Eisenoxydul, Kalk, Magnesia rc. in den Gesteinen, so sind sie, ihres Kohlensäuregehalts wegen, im Stande, kleine Quantitäten davon aufzulösen (239. 276.). Auf diese Weise entstehen viele der in der Natur vorkommenden Mineralwässer. Säuerlinge.

448. **Braun- und Steinkohle.** Außer dem Torfe finden wir noch zweierlei andere Arten von zersetzten Pflanzenstoffen in der Erde, die ebenfalls wegen ihres Reichthums an Kohlenstoff als Brennmaterialien benutzt werden: die **Braunkohle** und **Steinkohle**. Beide sind Ueberreste einer Vegetation, welche die Erde bedeckte, ehe noch Menschen dieselbe bewohnten. Höchst wahrscheinlich sind sie aus den Pflanzen und Bäumen einer früheren Zeit dadurch entstanden, daß diese durch Ueberschwemmungen und andere mehr oder weniger gewaltsame Revolutionen, welche die Erdrinde erlitt, unter mächtigen Lagern von Sand und Thonschlamm begraben wurden und sich in der Tiefe auf eine der Fäulniß ähnliche Weise zersetzten, während der Sand zu **Sandstein**, der Thonschlamm zu **Schieferthon** erhärtete. Da, wo die Decke der Erdschichten nicht stark genug war, um das Entweichen der Kohlensäure und des Sumpfgases zu verhindern, z. B. bei vielen Arten von Braunkohle, finden wir das Holz oft seiner Form nach noch so wohl erhalten, daß wir die Jahresringe daran erkennen können (bituminöses Holz); an anderen Orten hingegen ist das Holz in eine braune Masse verwandelt, die mit dem Humus oder Streichtorf große Aehnlichkeit hat (erdige Braunkohle). War der Druck der aufliegenden Erdmassen aber so stark, daß die bei der Zersetzung der verschütteten Pflanzen sich bildenden Gasarten nicht entweichen konnten, so mußten dieselben nothwendiger Weise bei der Kohlenmasse zurückbleiben. Hiedurch und durch die starke Zusammenpressung unter der Last einer oft tausend, ja mehre tausend Fuß dicken Erd- oder Steinschicht erklärt sich einmal die dichte, compacte Braunkohle und Steinkohle.

Braun- und Steinkohle. steinähnliche Beschaffenheit vieler Kohlen, insbesondere der Steinkohlen, ferner auch die Eigenschaft derselben, mit Flamme zu verbrennen. Die in ihnen verdichteten Gase, wir erhalten sie als Leuchtgas und Kohlensäure wieder, wenn wir die Kohlen in einer Retorte erhitzen.

Bildung der Stein- und Braunkohle. Es ist eine allgemein bekannte Sache, daß nasse Pflanzenstoffe, als Gras, Heu, Mist 2c., sich erhitzen und in eine kohlenreiche, schwarze Masse verwandeln, wenn sie in Haufen fest über einander liegen; diese faulige Verkohlung, die wir hier im Kleinen wahrnehmen, mußte auch im Großen eintreten, wenn bei einer Erdrevolution Massen von Pflanzen zusammengeschwemmt und mit Schlamm überdeckt wurden; sie mußte um so vollständiger erfolgen, je größer der Druck war, der auf denselben lastete, und je länger die Zeit dieser Zersetzung währte. Die Steinkohle finden wir gewöhnlich in größerer Tiefe und zwischen älteren Gebirgsschichten (im Uebergangsgebirge) als die Braunkohle, die meist der Oberfläche der Erde näher, zwischen jüngeren Gebirgsschichten (im tertiären Gebirge) vorkommt; wir schließen daraus, daß die Steinkohlenbildung in einer früheren Zeit, die Braunkohlenbildung erst in einer späteren ihren Anfang nahm. Welche außerordentliche Verschiedenheiten bei diesem Zersetzungsprocesse stattfanden, je nachdem die Pflanzen verschieden waren, je nachdem viel oder wenig Wasser, Wärme, Luft, Druck 2c. mitwirkten, das sehen wir recht deutlich an der außerordentlichen Mannichfaltigkeit der gebildeten Producte. Manche Stein- und Braunkohlen brennen mit lebhafter Flamme, andere mit schwacher, noch andere mit gar keiner Flamme; manche schmelzen in der Hitze (Back- oder Schmiedekohlen), andere zerfallen zu einem sandigen Pulver (Sandkohlen); manche geben nur 1 Proc. Asche, andere 25 bis 30 Proc. u. s. w.

Faules, weißes Holz. 449. **Faules, weißes Holz. Versuch.** Man fülle zur Sommerszeit ein Opodeldocgläschen mit befeuchteten Holzspähnen, verstopfe es und stelle es einige Monate bei Seite: das Holz wird nach und nach seinen Zusammenhang verlieren und zu einer weißen, zerreiblichen Masse zerfallen. In der Luft das Gefäßes brennt dann ein Holzspahn nicht fort, denn sie enthält keinen freien Sauer-

stoff mehr, sondern Kohlensäure; das Wasser ist gleichfalls verschwunden, es hat sich chemisch mit der Holzfaser verbunden. Eine ähnliche Veränderung tritt oft genug auch im Innern der Baumstämme ein, wenn die Luft nicht frei hinzutreten kann; das bekannte weiße, faule Holz entsteht auf diese Weise. Hat die Luft freien Zutritt, so bildet sich eine erdähnliche, braune Masse (Humus, Ulmin), wie wir sie in hohlen Ulmen, Weiden, Linden und anderen Bäumen antreffen. Faules, weißes Holz.

Die Zersetzungen, welchen das Holz durch die Verwesung und Fäulniß ausgesetzt ist, lassen sich auf mannichfache Weise aufhalten und verlangsamen, und zwar: Conservirung des Holzes.

1) durch scharfes Austrocknen, wodurch das Wasser der Safttheile entfernt wird;

2) durch Auslaugen mit Wasser oder Dampf, wodurch der Saft aufgelöst und entfernt wird;

3) durch Anstreichen mit Körpern, die das Eindringen des Wassers verhindern, z. B. mit Firniß, Theer, Pech 2c.;

4) durch Einpressung von Salzlösungen, welche fäulnißwidrig wirken, z. B. von Quecksilbersublimat (Kyanisiren), Kalksalzen (Incrustiren), Eisensalzen (Metallisiren) u. a. m.

---

## II. Stärke oder Amylum.

$(C_{12}H_{10}O_{10})$.

450. Stärke. Aus dem Safte, welcher die Zellen der Pflanzen erfüllt, setzt sich in den meisten Gewächsen, hauptsächlich in der Periode des Reifens, eine Art von Mehl ab, welches unter dem Namen Stärke oder Amylum bekannt ist. Stärke.

Was man mit bloßen Augen für Mehlstäubchen hält, das erkennt man durch ein starkes Vergrößerungsglas als kleine, meist eiförmige Körnchen oder Kügelchen. Wie diese in den Pflanzen liegen, kann man aus Fig. 188 (s. f. S.) ersehen, die einige Zellen aus einer durchschnittenen Kartoffel darstellt.

Satzmehl. **Satzmehl.** Wird eine frische Pflanze mit Wasser zerquetscht und die Flüssigkeit dann abgepreßt, so geht ein großer Theil der Stärke mit dem Safte aus der Pflanzenfaser heraus und setzt sich bei ruhigem Stehen aus der Flüssigkeit als ein mehlartiger Schlamm ab. Hieraus erklärt sich der Name **Satzmehl**, mit dem man früher die Stärke bezeichnete. Sehr reich an Stärke sind die Kartoffeln, die Getreidekörner und die Hülsenfrüchte.

Fig. 188.

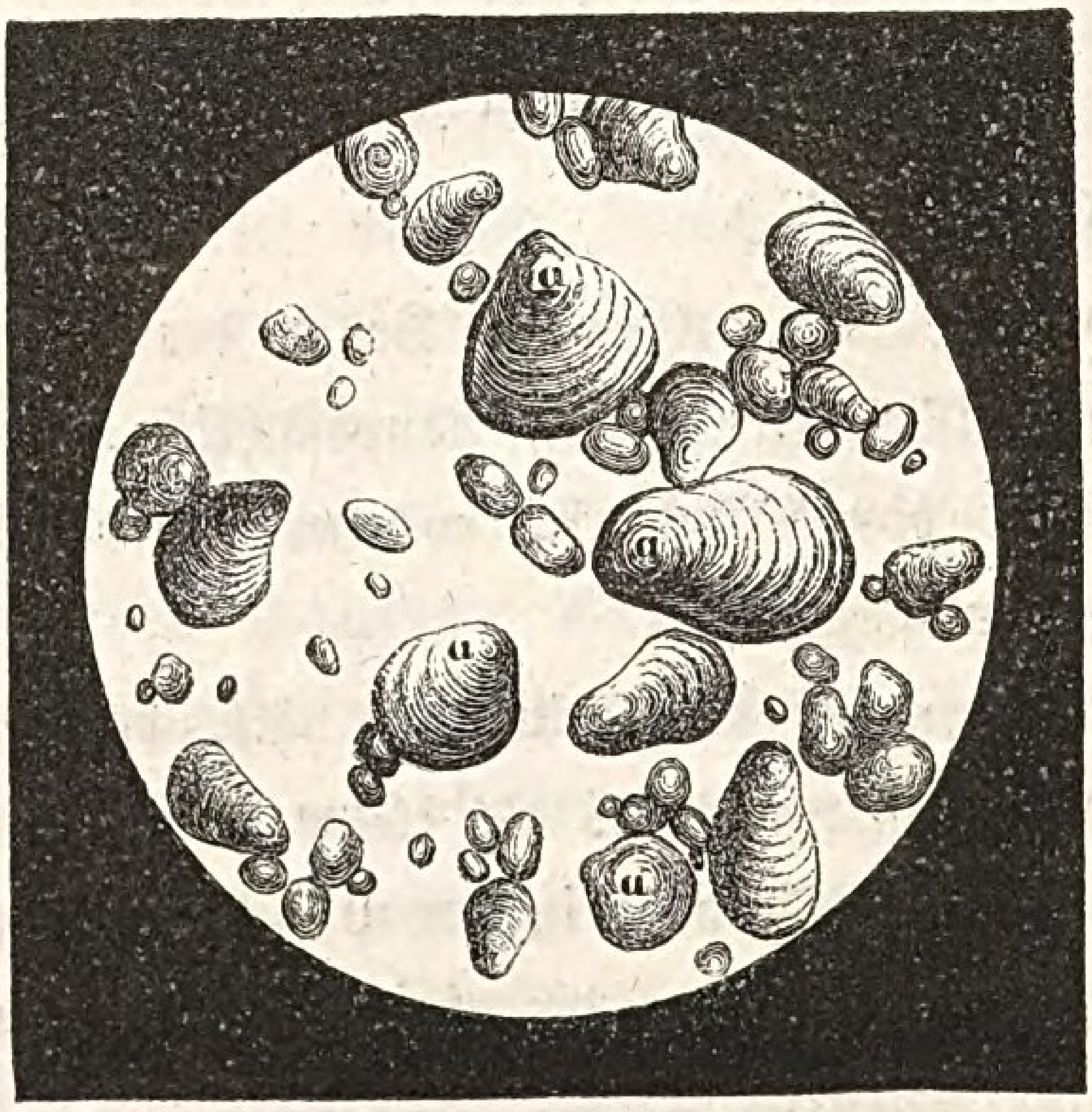


## Verschiedene Arten von Stärke.

Stärke aus Kartoffeln

451. **Kartoffeln und Kartoffelstärke.** Versuch. Man zerreibe einige Kartoffeln auf einem Reibeisen, knete den erhaltenen Brei mit etwas Wasser durch einander, und drücke ihn durch ein Leinwandläppchen: der **Faserstoff** der Zellen, noch mit Stärke gemengt, bleibt zurück, der Saft, mit dem größten Theile der Stärkekörnchen, läuft durch. Läßt man die trübe Flüssigkeit eine Stunde lang ruhig stehen, so wird sie klar, weil die schwerere **Stärke** sich am Boden ablagert. Man gießt nun das Flüssige ab, reinigt die Stärke durch mehrmaliges Aufgießen von frischem Wasser und Wiederabsetzen, und trocknet sie an einem nicht zu heißen Orte.

Fig. 189.



Die **Kartoffelstärke** hat unter dem Vergrößerungsglase die Form eiförmiger Kügelchen, die aus vielen, um den Punkt *a*, den sogenannten Nabel, herum abgelagerten Schalen bestehen; sie

glänzt in der Sonne, fühlt sich hart an und hat immer mehr pulverige als klümprige Beschaffenheit.

**Versuch.** Die von der Stärke abgegossene klare Flüssigkeit wird in einem Kochfläschchen erhitzt; sie trübt sich, wenn die Hitze sich dem Siedepunkte nähert, und läßt nach mehrmaligem Aufwallen einen flockigen, grauweißen Körper fallen, den man abfiltrirt. Es ist derselbe Körper, der schon bei 431 erwähnt wurde, Pflanzeneiweiß, ausgezeichnet durch seine Eigenschaft, im kalten und warmen Wasser sich aufzulösen, durch Kochen aber zu gerinnen. Er enthält Stickstoff, die Stärke nicht. Pflanzeneiweiß in den Kartoffeln.

**Versuch.** Von dem geronnenen Eiweiß streiche man etwas auf ein Platinblech und erhitze es durch eine Lampe: es wird mit einem sehr unangenehmen, brenzlichen Geruche verbrennen. Stärke auf gleiche Weise behandelt, riecht zwar auch brenzlich, aber bei weitem weniger unangenehm. Alle stickstoffhaltigen Körper verhalten sich in dieser Beziehung wie das Eiweiß, alle stickstofffreien wie die Stärke; daher verbreitet ein wollener Lappen beim Versengen einen viel widrigeren Geruch als ein baumwollener oder leinener; in der Wolle ist nämlich Stickstoff enthalten, in der Baumwolle und dem Leinen nicht.

Eine frisch durchschnittene Kartoffel hat eine weiße Farbe, diese geht aber bei längerem Liegen an der Luft in Braun über; eine gleiche Veränderung geht mit der aus den zerriebenen Kartoffeln ausgepreßten Flüssigkeit vor sich: sie ist im Anfange farblos, wird aber allmälig dunkler. Der noch nicht genau untersuchte Stoff, welcher diesen Farbenwechsel bewirkt, wird mit dem allgemeinen Namen Farbstoff bezeichnet; er ist im Wasser löslich, wie wir aus dem zuletzt angegebenen Verhalten desselben sehen. Farbstoff in den Kartoffeln.

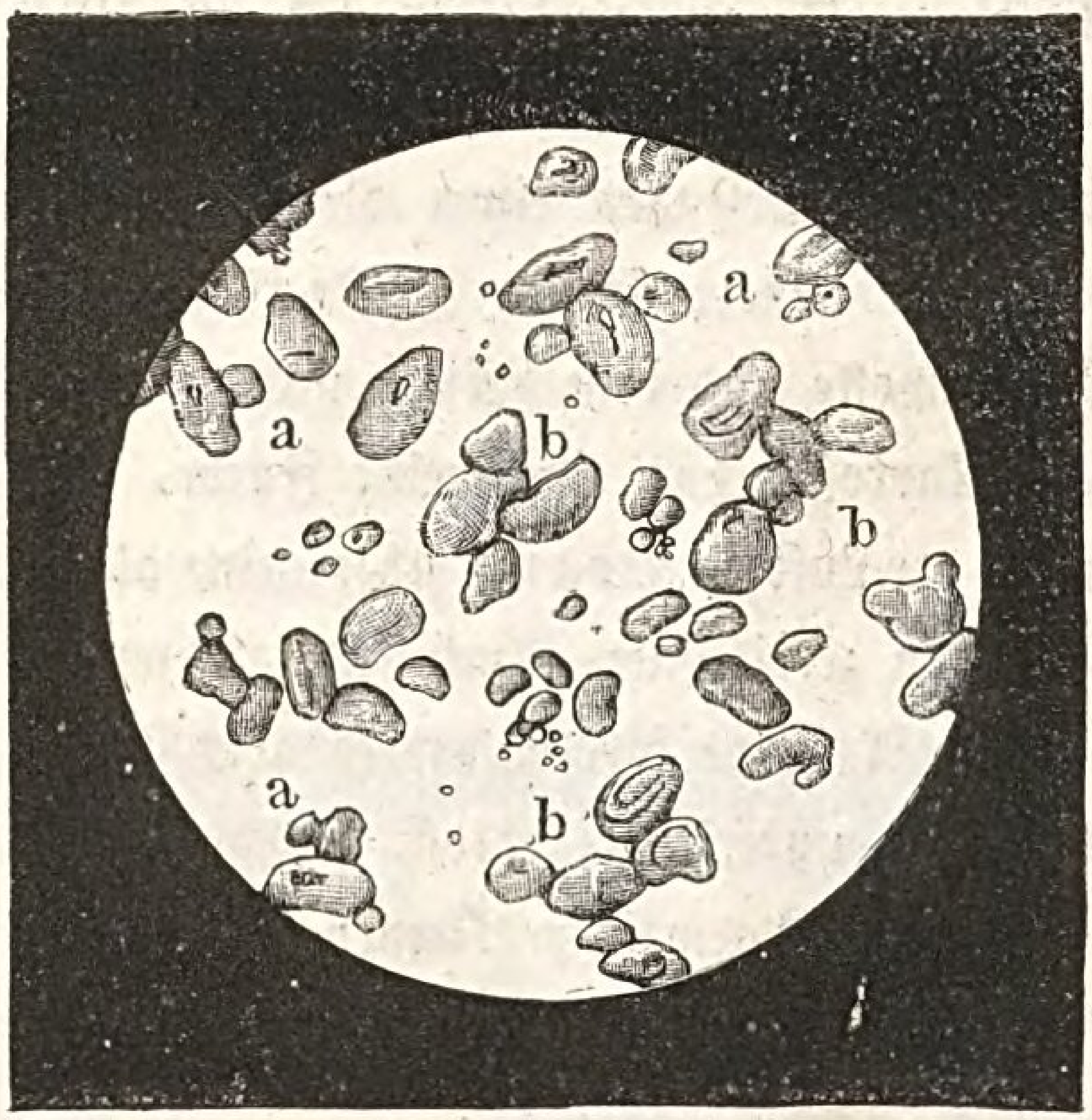
**Versuch.** Man mische 20 Tropfen Schwefelsäure mit 6 Loth Wasser und gieße dieses Sauerwasser auf eine in dünne Scheiben zerschnittene Kartoffel; nach 24 Stunden werden die Scheiben herausgenommen, so lange gewässert, bis sie nicht mehr sauer schmecken, und getrocknet. Mit dem Safte verlieren die Kartoffeln hiebei Eiweiß und Farbstoff und bilden nach dem Trocknen eine feste, mehlige, weiße und geschmacklose Masse, die mit kochendem Wasser übergossen wieder Conservirung der Kartoffeln.

aufschwillt und erweicht. Ohne diese Behandlung getrocknete Kartoffeln werden grau und hornartig und bekommen einen unangenehmen Geschmack.

Stärke aus Erbsen.

452. **Erbsen und Erbsenstärke.** Versuch. Man übergieße eine Handvoll Erbsen in einem geräumigen Topfe mit Wasser und lasse sie einige Tage in der warmen Stube stehen: ein großer Theil des Wassers wird von den Erbsen eingesogen und diese quellen dadurch auf und werden endlich so weich, daß sie sich mit den Fingern zerdrücken lassen. Ist dieser Zeitpunkt eingetreten, so zerquetscht man dieselben in einem Mörser, setzt so viel Wasser hinzu, daß ein dünner Brei entsteht, und preßt diesen mittelst eines Leinwandläppchens aus. Auch hier erhält man, wie bei den Kartoffeln: 1) **Faserstoff**, der in dem Läppchen zurückbleibt; 2) **Pflanzeneiweiß**, wenn die abgegossene Flüssigkeit bis zum Kochen erhitzt wird; 3) **Stärke**, die sich beim Stehen aus der trüben Flüssigkeit absetzt. Die **Erbsenstärke** besteht aus eiförmigen, in der Mitte länglich sternförmig ausgehöhlten, zum Theil an einander hängenden Körnern. In der beistehenden vergrößerten Abbildung sind die mit *a* bezeichneten Körnchen aus trocknen Erbsen, die mit *b* bezeichneten dagegen aus grünen. Von gleicher Form sind auch die Stärkekügelchen der **Bohnen**, **Wicken** und **Linsen**. Die Samen der **Lupine**, obgleich auch zu den Hülsenfrüchten gehörend, enthalten kein Stärkmehl, sondern an dessen Stelle gallertartige Körper (Pectinverbindungen).

Fig. 190



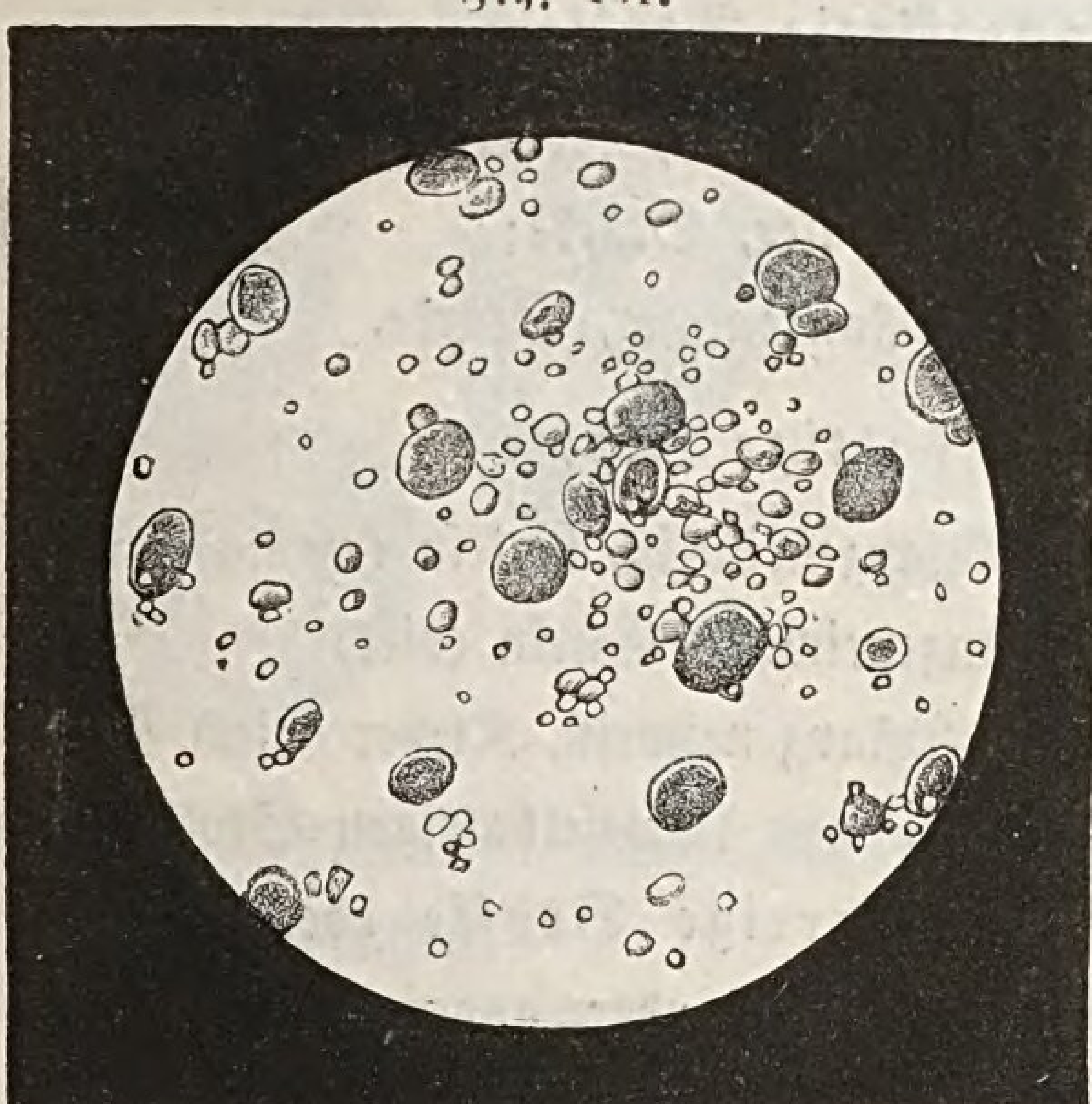

Pflanzencasein in den Erbsen.

Versuch. Hat man aus der eben erwähnten Flüssigkeit das Pflanzeneiweiß durch Kochen und Filtriren entfernt, so versetze man sie mit einigen Tropfen Essig: es wird sich abermals ein flockiger,

weißer Körper abscheiden; dieser heißt Pflanzencasein (Käsestoff), weil er sowohl in seiner Zusammensetzung als in seinen Eigenschaften die größte Aehnlichkeit mit dem in der Milch enthaltenen Käse (Thiercasein) hat. Das Pflanzencasein ist, wie das Pflanzeneiweiß, reich an Stickstoff, unterscheidet sich aber von diesem dadurch, daß es nicht durch Kochen, wohl aber durch Säuren zum Gerinnen gebracht wird. Es findet sich in dem Safte sehr vieler Pflanzen, am reichlichsten in dem Samen der Hülsenfrüchte; auch die Kartoffeln enthalten eine kleine Menge davon. Pflanzencasein in den Erbsen.

453. Weizenmehl und Weizenstärke. Versuch. Eine Handvoll Weizenmehl wird mit so viel Wasser besprengt, daß daraus beim Durchstoßen in einem Mörser ein steifer Teig entsteht; diesen bindet man in ein Läppchen von dichter Leinwand und knetet ihn unter öfterem Aufgießen von Wasser so lange durch, bis das Wasser nicht mehr milchig davon abläuft. Aus dem trüben Wasser setzt sich nach einiger Zeit ein weißes Mehl ab, es ist Stärke. Die Weizenstärke besteht aus glanzlosen, flachgedrückten, linsenförmigen größeren und zahlreichen, unregelmäßigen kleineren Körnchen, die in feuchtem Zustande sich gern an einander hängen, weshalb die im Handel vorkommende Weizenstärke immer zu lockeren Klumpen zusammengebacken ist. Zu Pulver zerrieben ist sie unter dem Namen Puder bekannt. Ein ganz gleiches Ansehen zeigt auch die Stärke der Roggen-, Gersten- und Haferkörner unter dem Vergrößerungsglase, nur nimmt man auf der Oberfläche der letzten, der Haferstärkekügelchen, eine schwache netzförmige Zeichnung wahr. Stärke aus Weizen.

Fig. 191.



Kleber in dem Weizen.

Die Stärke ist der eine Hauptbestandtheil des Weizenmehls, wie aller Mehlarten, der zweite bleibt, mit Pflanzenfaser gemengt, in dem Tuche als eine klebrige, zähe graue Masse zurück, die den Namen Kleber (Pflanzenfibrin und Pflanzenleim) erhalten hat. Der Kleber quillt in Wasser nur auf, ohne sich vollständig zu lösen; in seiner Zusammensetzung kommt er ganz mit dem Eiweiß überein, er ist, wie dieses, reich an Stickstoff.

Bringt man das von der Stärke abgegossene Wasser zum Kochen, so trübt es sich und giebt, wenn es etwas eingedampft ist, einen schwachen, flockigen Niederschlag; das Weizenmehl enthält also auch eine geringe Menge von Pflanzeneiweiß.

Stickstofffreie und stickstoffhaltige Pflanzenstoffe.

454. Werden die Resultate der letzten Versuche zusammengestellt, so findet man, daß in den Kartoffeln und Erbsen, wie in dem Weizenmehl, sich neben den zwei stickstofffreien Stoffen: Pflanzenfaser und Stärke, immer auch ein oder einige stickstoffhaltige Stoffe: Pflanzeneiweiß, Casein und Kleber, vorfinden, nämlich:

Stickstofffreie Stoffe

in den Kartoffeln: Pflanzenfaser, Stärke;
in den Erbsen: Pflanzenfaser, Stärke;
in dem Weizenmehl: Pflanzenfaser, Stärke.

Stickstoffhaltige Stoffe

in den Kartoffeln: Pflanzeneiweiß, Casein (wenig);
in den Erbsen: Pflanzeneiweiß, Casein (viel);
in dem Weizenmehl: Pflanzeneiweiß, Kleber (viel).

Die drei genannten stickstoff- und schwefelhaltigen Stoffe führen den allgemeinen Namen: eiweißartige Stoffe oder Proteinstoffe. Kleine Quantitäten des einen oder anderen finden sich in dem Safte jeder Pflanze.

Andere stärkereiche Substanzen.

Als sehr stärkereiche Substanzen sind außer den erwähnten Kartoffeln, Halmfrüchten und Hülsenfrüchten noch aufzuführen: der Mais, der Reis und das Haidekorn. Unter dem Namen Arrowroot wendet man in der Heilkunde ein Stärkemehl an, welches in

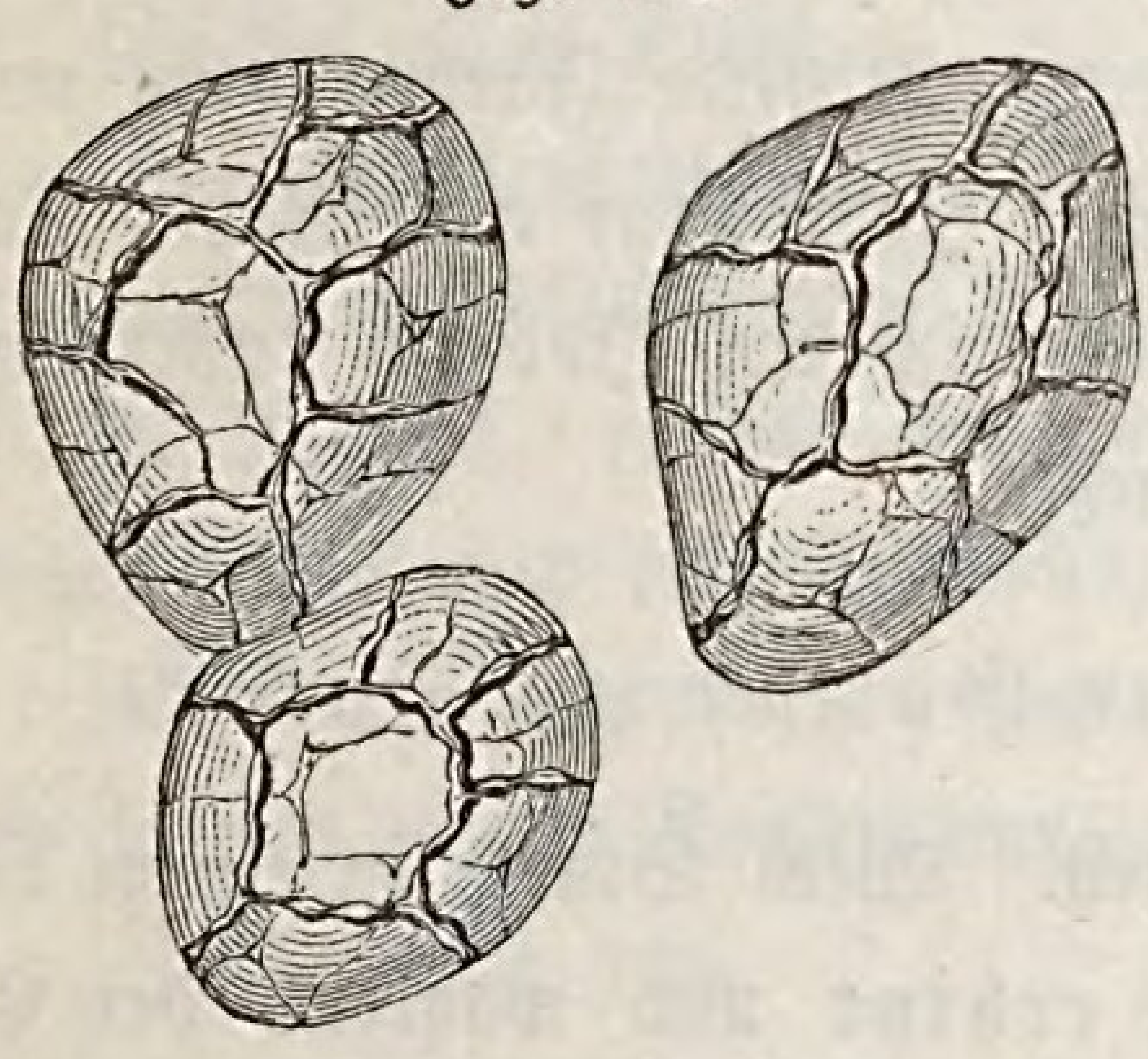
Ost- und Westindien aus den Wurzeln einiger Sumpfpflanzen dargestellt wird.

### Verhalten der Stärke gegen Wasser und Jod.

455. **Versuch.** Wird angefeuchtete Stärke in einem Löffel unter stetem Umrühren gelind erhitzt, bis sie trocken geworden ist, so erhält man daraus harte, hornartige Krümelchen, die mit kochendem Wasser übergossen aufschwellen und gallertartig und durchscheinend werden; man nennt diese Krümelchen Sago. Der ächte Sago kommt aus Indien und wird daselbst aus dem Stärkemehl bereitet, welches man in dem Marke mancher Palmbäume findet. Sago.

Durch Wasser aufgequollen finden wir die Stärkekörnchen auch in den gekochten Kartoffeln. In 1 Pfund roher Kartoffeln sind ungefähr 3/4 Pfund wässeriger Saft und 4 bis 5 Loth Stärke enthalten; bei der Hitze des kochenden Wassers oder Wasserdampfes wird dieser Saft von der Stärke eingesogen und die angeschwollenen Körnchen füllen nun die Zellen, welche dadurch eine abgerundete Gestalt bekommen, ganz aus. Die netzförmige Zeichnung der beistehenden vergrößerten Zellen rührt von dem geronnenen Eiweiß des Saftes her, welches die Fugen zwischen den einzelnen Körnchen ausfüllt. Alle unsere Backwaaren enthalten Stärke als Hauptbestandtheil und verdanken derselben ihre krümliche und lockere Beschaffenheit. Gekochte Kartoffeln.

Fig. 192.



456. **Versuch.** Man erhitze in einem Töpfchen 1/2 Quentchen Stärke mit 2 — 3 Loth Wasser unter stetem Umrühren bis zum Kochen: das Gemisch wird erst schleimig, endlich dick wie eine Gallerte. Die Stärkekörnchen saugen Wasser ein und schwellen dadurch so auf, daß die einzelnen Schalen derselben zerreißen. Unter dem Namen Kleister wird die aufgequollene Stärkemasse bekanntlich Stärkekleister

Stärkekleister.

als Klebmittel, unter dem Namen Papp als Verdickungsmittel der Druckfarben, vielfach angewendet. Zieht man Wäsche und andere gewebte Waaren durch dünnen Stärkebrei, so erlangen sie nach dem Trocknen Steifigkeit und durch Plätten oder starkes Reiben und Pressen ein glänzendes Ansehen (Appretur). Das starke Aufquellen vieler unserer bekanntesten Nahrungsmittel, als des Reißes, des Grießes, der Gräupchen, der Bohnen, Erbsen und Linsen 2c., wenn wir sie mit Wasser kochen, erklärt sich nun leicht durch die große Reichhaltigkeit derselben an Stärke.

Milchsäure aus Stärke.

**Versuch.** Läßt man Stärkekleister längere Zeit an einem warmen Orte stehen, so wird er nach und nach dünnflüssig und sauer: er geht hiebei in eine eigenthümliche Säure über, die den Namen Milchsäure erhalten hat. Dieselbe Säure wird beim Sauerwerden der Milch erzeugt und ertheilt der geronnenen Milch und der Buttermilch den bekannten sauren Geschmack.

Stärke und Jod.

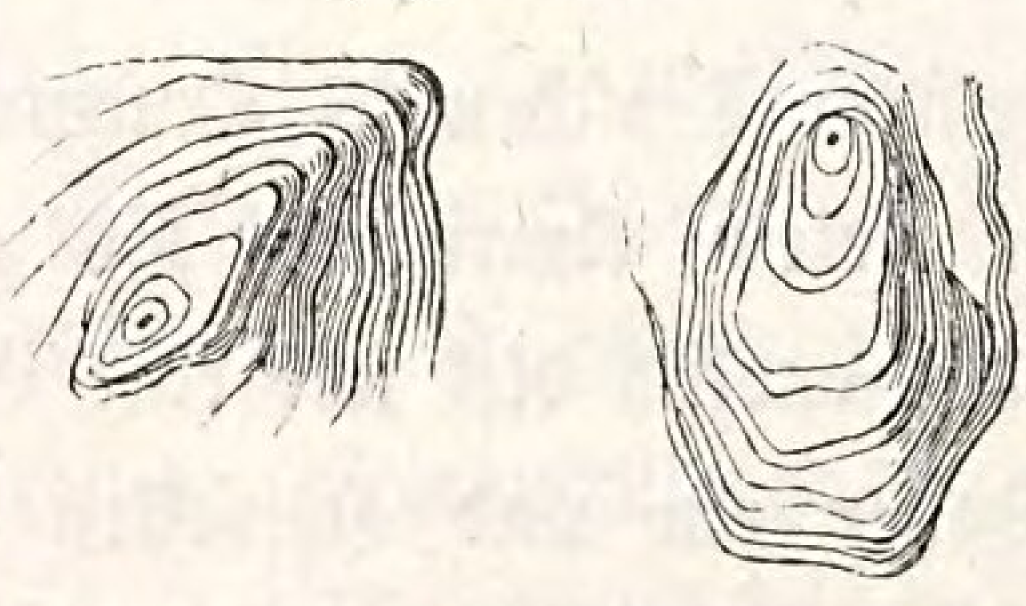
**Versuch.** Man verdünne etwas Stärkekleister mit vielem Wasser und setze einige Tropfen Jodtinctur (155.) hinzu: es entsteht eine intensiv blaue Flüssigkeit (Jodstärke). Dieselbe Farbe kann man wahrnehmen, wenn man einen Tropfen Jodtinctur auf Mehl, Kartoffeln, Möhren 2c. tröpfelt; wir haben in dem Jod ein äußerst genaues Erkennungsmittel des Stärkemehls.

### Veränderung der Stärke in Gummi und Zucker.

Stärkegummi durch Erhitzung.

457. **Stärkegummi. Versuch.** Wird Stärke in einem Löffel durch eine kleine Spiritusflamme erhitzt und während der Erhitzung (Röstung) fortwährend umgerührt, damit sie nicht an der heißeren Bodenfläche anbacken und anbrennen kann, so nimmt sie nach einiger Zeit eine gelbe, weiterhin eine braungelbe Farbe an und hat nun die neue Eigenschaft, sich in kaltem und heißem Wasser zu einer schleimigen Flüssigkeit aufzulösen. (Gewöhnliche Stärke löst sich in kaltem Was-

Fig. 193.

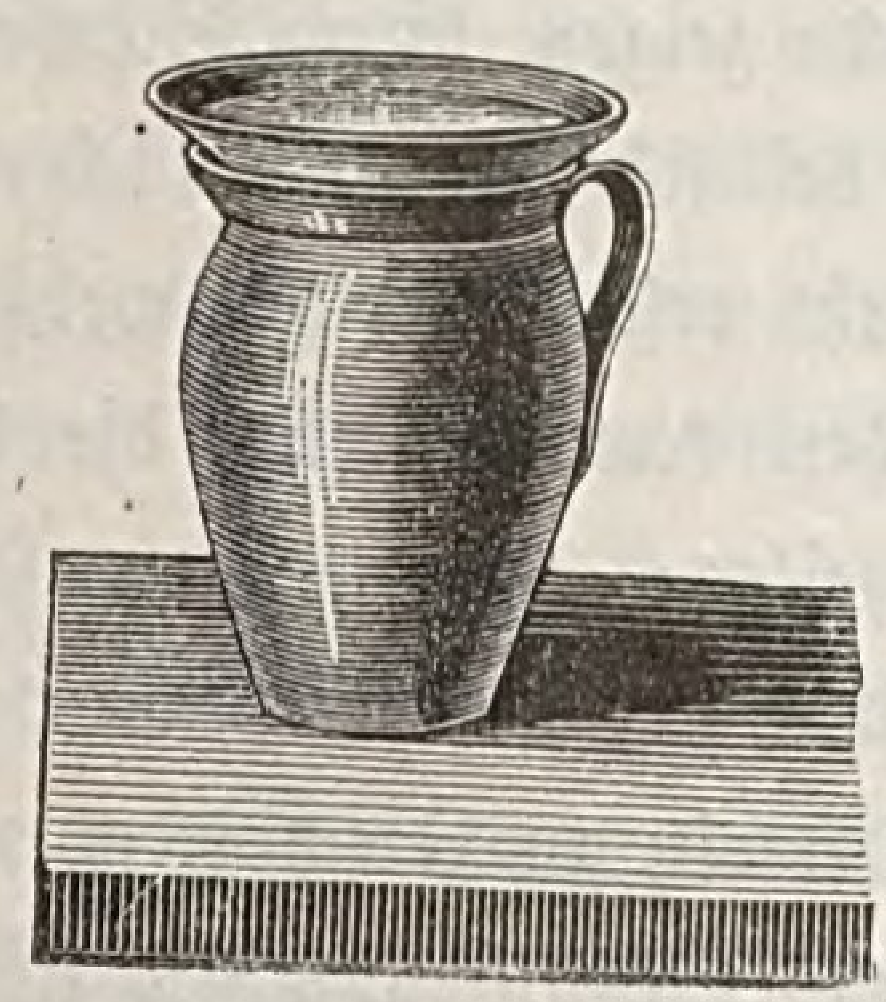


ser gar nicht, in heißem Wasser aber quillt sie nur auf.) Unter dem Vergrößerungsglase haben die Stärkekügelchen nun ein aufgeblähtes und aufgeblättertes Ansehen und zeigen die concentrischen Schichten, aus denen sie bestehen, recht deutlich (Fig. 193). Man nennt die auf diese Weise veränderte Stärke: geröstete Stärke, Stärkegummi oder Leïcome. Sie wird jetzt häufig im Großen, gewöhnlich durch Rösten in großen Kaffeetrommeln, dargestellt, da sie sich sehr gut zum Verdicken der Farben und Beizen in den Zeugdruckereien eignet. Stärkegummi durch Erhitzung.

**Versuch.** Man vermenge in einem Schälchen 1 Loth Stärke genau mit 1 Quentchen Wasser und 4 Tropfen Salpetersäure, lasse das Gemenge an der Luft trocken werden und stelle es sodann auf die Platte eines geheizten Ofens, welche so heiß ist, daß sie schwach zischt, wenn man sie mit einem feuchten Finger berührt. Nach einigen Stunden wird alle Salpetersäure entfernt sein und eine Probe der Stärke sich in kaltem Wasser ziemlich, in heißem vollständig auflösen. Das so bereitete Stärkegummi hat eine weiße oder höchstens eine schwach gelbliche Farbe. Stärkegummi durch Salpetersäure.

**Versuch.** Man bereite sich aus Kartoffelstärke durch Kochen mit Wasser einen Kleister, und versetze diesen, während er noch heiß ist, in einer Untertasse unter fortwährendem Rühren mit einigen Tropfen Schwefelsäure. Daß diese Säure eine Veränderung der Stärke bewirkt, ergiebt sich schon durch's bloße Auge, denn die kleistrige Masse wird sehr bald dünnflüssig werden. Die Tasse wird nun auf einen Topf gestellt, in welchem Wasser gelind kocht (Dampfbad), und in den heißen Wasserdämpfen, die den Inhalt der Tasse nicht ganz bis zum Sieden bringen, so lange gelassen, bis die darin befindliche Flüssigkeit eine durchsichtige Beschaffenheit erlangt hat. Ist dies geschehen, so setzt man zu der Flüssigkeit messerspitzenweise so lange geschlemmte Kreide, bis sie nicht mehr sauer reagirt, und läßt sie dann, nachdem der entstandene Gyps ab- Stärkegummi durch Schwefelsäure.

Fig. 194.



Stärkegummi durch Schwefelsäure. filtrirt worden, an einem warmen Orte eintrocknen. Der Rückstand hat ein amorph-glasartiges Ansehen, einen faden Geschmack, und löst sich im Wasser zu einer durchsichtigen, schleimigen Flüssigkeit auf; in Weingeist ist er nicht löslich. Pflanzenstoffe mit den eben angeführten Eigenschaften werden im Allgemeinen Gummi genannt; das hier aus der Stärke gewonnene Gummi hat den besonderen Namen Dextrin erhalten. Mit dem Namen Amydulin bezeichnet man eine noch nicht genau untersuchte Uebergangsstufe zwischen Stärke und Dextrin.

Stärkezucker durch Schwefelsäure. 458. Stärkezucker. **Versuch.** Der vorige Versuch wird mit folgender Abweichung wiederholt. Man bringe 6 Loth Wasser, zu dem man 30 Tropfen Schwefelsäure gegossen hat, zum lebhaften Sieden und setze dann 2 Loth mit wenig Wasser zu einem Brei angerührte Stärke hinzu, aber nur in kleinen Portionen, so daß die Flüssigkeit nicht aus dem Kochen kommt. Ist alle Stärke eingetragen, so lasse man das Gemisch noch einige Zeit gelind kochen, neutralisire die Säure dann durch Kreide und dampfe die abfiltrirte Flüssigkeit so weit ein, bis sie zu einem dicklichen Syrup geworden ist. Dieser hat einen sehr süßen Geschmack und besteht aus einer Auflösung von Zucker in Wasser. Der so dargestellte Stärkesyrup, wie der daraus leicht darzustellende weiße, feste Stärkezucker, beide bilden jetzt eine allgemein gebräuchliche Handelswaare. Der starke, weichliche Geruch, der sich bei diesem Versuche entwickelt, rührt von dem in der Kartoffelstärke enthaltenen natürlichen Fuselöle her, welches durch die Schwefelsäure ausgetrieben wird. Bei der Branntweinbereitung ändert sich dieses in Fuselgeist um (495.).

Die Stärke wird, wie diese Versuche zeigen, durch Schwefelsäure bei schwächerer Erhitzung in Gummi, bei stärkerer in Zucker umgewandelt. Auch in letzterem Falle entsteht erst Dextrin, welches aber nach und nach in Zucker übergeht. Man kann hienach die Einwirkung der Schwefelsäure in zwei Acte theilen:

im ersten Acte wird die Stärke zu Dextrin,
im zweiten Acte wird das Dextrin zu Zucker.

Wie diese Einwirkung erfolgt, darüber kann man sich noch nicht

Rechenschaft geben. Stärke, Stärkegummi und Stärkezucker sind gleich zusammengesetzt (isomerisch), jedenfalls beruht also ihre Verschiedenheit auf einer verschiedenen Gruppirung der in ihnen enthaltenen Atome von Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, und jedenfalls ist es die Schwefelsäure, welche die Umwandlung in der Lagerung der Atome bewirkt. Nun ist aber von der Schwefelsäure nichts zersetzt und nichts gebunden worden, denn man findet in dem gebildeten Gypse genau dieselbe Menge von Schwefelsäure wieder, die man angewendet hatte; sie wirkt sonach hier auf eine ganz andere Weise, als gewöhnlich, ähnlich wie der Platinschwamm, der auch in anderen Körpern eine chemische Thätigkeit hervorzurufen vermag, ohne sich selbst dabei zu verändern. Diese eigenthümliche Wirkungsweise der Schwefelsäure und des Platins wird oft mit den Namen Wirkung durch *Contact* (Berührung), oder Wirkung durch *Katalyse* (Umwandlungskraft) bezeichnet. Katalyse; Contact.

459. *Malz und Diastase.* **Versuch.** Man übergieße ½ Loth gröblich zerstoßenes *Gerstenmalz* (426.) mit 4 Loth lauem Wasser, lasse das Gemenge einige Stunden in der Nähe eines Ofens oder in der Sonne stehen und gieße es dann durch ein Leinwandläppchen; in der durchgelaufenen Flüssigkeit (Malzauszug) findet sich ein noch nicht genau gekannter Stoff, *Diastase* genannt, aufgelöst, durch den die Stärke auf dieselbe Weise in *Gummi* und *Zucker* umgewandelt werden kann, wie durch Schwefelsäure. Malz: Diastase.

**Versuch.** Ein Viertheil des Malzauszuges wird unter heißen Stärkekleister gerührt, den man sich aus ½ Loth Kartoffelstärke und 4 Loth Wasser bereitet hat, und mit demselben so lange gelind erhitzt (aber nicht höher als 65° C.), bis der Kleister dünnflüssig und durchsichtig geworden ist. Nun kocht man die Flüssigkeit bei verstärkter Hitze einigemal auf, gießt sie durch ein Läppchen und läßt sie an einem warmen Orte eintrocknen. Die übrig bleibende Masse ist der bei 457. erhaltenen gleich, sie besteht aus *Dextrin* oder Stärkegummi (Gommeline). Stärkegummi durch Diastase.

**Versuch.** Mit den übrigen drei Viertheilen des Malzauszuges verfahre man auf ganz gleiche Weise, nur setze man die Erwärmung einige Stunden fort, was am bequemsten auf der Stelle eines Ofens Stärkezucker durch Diastase.

Stärkezucker durch Diastase. geschieht, die der Flüssigkeit nur eine Wärme von 70 bis 75° C. mittheilen kann. Auch hier wird sich zuerst Dextrin bilden; dieses wandelt sich aber bald noch weiter in Stärkezucker um, wie man durch den Geschmack leicht wahrnimmt. Durch Abdampfen erhält man, wie bei 458., Stärkesyrup.

Maischproceß. 460. Die auffallende Veränderung, welche die Stärke durch das Malz erfährt, ist der in dem Malze enthaltenen Diastase zuzuschreiben. Wie man sieht, wirkt dieser Stoff ganz ähnlich wie die Schwefelsäure, es ist jedoch ebenfalls noch unbekannt, auf welche Weise seine Wirkung vor sich geht. Bei 100° C., also beim Aufkochen der Flüssigkeiten, wird die Wirkung des Malzes (der Diastase) vernichtet. Von großer Wichtigkeit ist dieser Zuckerbildungsproceß durch die Diastase des Malzes für den Brauer und Branntweinbrenner, denn wenn diese aus Gerste oder Weizen Bier, oder aus Korn und Kartoffeln Branntwein erzeugen wollen, so muß jederzeit das Stärkemehl dieser Substanzen zuvor in Zucker umgewandelt werden, ehe Gährung, und durch diese Weingeistbildung erfolgen kann. In beiden Fällen ist es die Diastase des zum Brauen und Branntweinbrennen unentbehrlichen Malzes, welches bei dem sogenannten Maischprocesse diese Umwandlung bewirkt.

Dextrin- und Zuckerbildung beim Keimen. 461. Der Geschmack des Malzes ist süß und schleimig, weil schon während des Keimens die Umbildung der Stärke in Dextrin und Zucker beginnt, deren weiteres Fortschreiten man aber in diesem Falle durch Trocknen und Darren verhindert. Läßt man die gekeimte Gerste fortwachsen, wie es auf den Feldern geschieht, so verschwindet nach und nach die ganze Stärke aus dem Korne und geht als Dextrin und Zucker in den Saft der jungen Pflanze, wie man schon an dem süßen Geschmacke der letzteren und an ihrer schleimigen Beschaffenheit beim Zerreiben zwischen den Fingern bemerkt.

Auch an den Kartoffeln ist eine gleiche Umänderung deutlich wahrzunehmen. In 100 Pfd. einer und derselben Kartoffelsorte hat man Stärke gefunden:

im August 10 Pfund, September 14, October 15, November 16,

December 17, im Januar 17, Februar 16, März 15, April 13, Mai 10 Pfund. Dextrin- und Zuckerbildung beim Keimen.

Im Herbst nimmt also der Stärkegehalt der Kartoffeln zu, im Winter bleibt er sich gleich, im Frühjahr, wenn die Keimkraft erwacht, nimmt er ab. Es ist eine bekannte Thatsache, daß mit dem Keimen die Kartoffeln weich, schleimig und später süß werden; das aus der Stärke sich bildende Dextrin macht sie schleimig, der aus dem Dextrin sich bildende Zucker macht sie süß. In der Erde schreitet dieser Umwandlungsproceß noch weiter fort, die Kartoffel wird immer weicher und wässeriger, und wenn alle Stärke zum Wachsthum der jungen Pflanze verbraucht ist, tritt als Fortsetzung der Verwesungsproceß ein, dessen Producte: Kohlensäure, Wasser und Ammoniak, als Nahrungsmittel für die schon etwas ältere Pflanze angesehen werden müssen.

462. Unreife Aepfel und Birnen werden durch Jodtinctur blau, sie enthalten sonach Stärke; vollkommen gereift zeigen sie diese Reaction nicht mehr, die Stärke ist also beim Reifen verschwunden. Was aus ihr geworden, das verräth uns der Geschmack dieser Früchte; dieser ist süß, wir müssen daher annehmen, daß auch hier eine Umbildung der Stärke in Dextrin und Zucker stattgefunden habe. Wie es scheint, vermag auch der Frost eine gleiche Wirkung auf die stärkereichen Pflanzenstoffe auszuüben; ist es doch bekannt genug, daß gefrorne Kartoffeln, Aepfel, Mispeln 2c. nach dem Wiederaufthauen einen süßen Geschmack haben. Zuckerbildung durch Reifen. Zuckerbildung durch Frost.

463. Lichenin und Inulin (Moos- und Alantstärke). Als eigenthümliche, von der gewöhnlichen Stärke in mehreren Eigenschaften abweichende Stärkearten pflegt man noch zu unterscheiden: das Lichenin, welches in den Flechten, namentlich in dem sogenannten isländischen Moos vorkommt und diesem die Eigenschaft ertheilt, durch Kochen mit Wasser eine Flüssigkeit zu liefern, die beim Erkalten zu einer kleisterähnlichen Gallerte gerinnt. Die getrocknete Gallerte stellt die Moosstärke (Lichenin) dar; sie wird durch Jodtinctur nicht blau, sondern gelblich gefärbt. Lichenin.

Das Inulin kommt, außer in den Alantwurzeln, in den meisten Inulin.

Inulin. Wurzeln der Pflanzen aus der Syngenesia, namentlich in den Georginenknollen und sonst noch häufig im Pflanzenreiche vor und ist dadurch ausgezeichnet, daß es sich in kochendem Wasser vollkommen auflöst, beim Erkalten aber als ein zartes, weißes Pulver aus der Lösung abscheidet. Durch längeres Kochen verwandelt es sich in Zucker. Von Jod wird es ebenfalls nicht blau, sondern bräunlich gefärbt.

---

## III. Gummi und Pflanzenschleim.

($C_{12} H_{10} O_{10} + HO$.)

Gummi. 464. Bei dem Dextrin oder Stärkegummi ist schon gezeigt worden, welche Klasse von Pflanzenstoffen man Gummi nennt; eben so auch, daß dasselbe auf einer Mittelstufe steht zwischen Stärke und Zucker. Das Dextrin ist einer der verbreitetsten Stoffe im Pflanzenreiche, denn größere oder geringere Mengen davon finden wir in dem Safte jeder Pflanze.

Unterschied von Harz. In manchen Pflanzen giebt es aber noch besondere Gummiarten, und zuweilen in so reichlicher Menge, daß sie in Gestalt einer zähen Auflösung aus der Rinde hervordringen und daran zu einer glasähnlichen, getropften Masse erhärten, wie wir dies an unseren Pflaumen- und Kirschbäumen sehen. Der Name Harz, mit dem man diese getrockneten Pflanzensäfte oft bezeichnet, ist um deswillen falsch, weil wir unter Harzen uns Pflanzensäfte zu denken haben, die sich nicht im Wasser auflösen oder aufweichen, wohl aber in Weingeist. Mit dem Gummi verhält es sich umgekehrt, dieses ist in Weingeist unlöslich wird aber vom Wasser erweicht und aufgelöst Von dem Dextrin unterscheiden sich diese Gummiarten dadurch, daß sie sich durch Kochen mit Salpetersäure nicht in Kleesäure, sondern in eine eigenthümliche Säure, Schleimsäure genannt, umwandeln.

Gummi arabicum. 465. Gummi arabicum. Die bekannteste unter den besonderen Gummiarten ist das arabische Gummi, oder Mimosengummi,

welches in Afrika aus mehren acacienähnlichen Pflanzen freiwillig ausschwitzt. Die feineren Sorten davon haben eine weiße, die geringeren eine gelbe oder braune Farbe. Gut ausgetrocknet wird es so hart und spröde, daß es sich zu Pulver zerstoßen läßt.

**Versuch.** 1 Quentchen Gummi arabicum wird mit 2 Quentchen kaltem Wasser übergossen und das Gemenge von Zeit zu Zeit umgerührt: das Gummi wird sich nach einigen Tagen vollständig in dem Wasser zu einem dicken, durchsichtigen Schleime auflösen, der sich beliebig mit Wasser verdünnen läßt. Dieser Schleim hat eine große Klebrigkeit, man benutzt ihn deshalb häufig statt des Kleisters oder Leims, um Papier 2c. zusammenzuleimen oder auch um pulverige Körper in eine zusammenhängende Masse zu verwandeln (Pastellfarben, Räucherkerzen 2c.); er hat ferner eine dicke Consistenz, deshalb findet er vielfache Anwendung in den Druckereien als Verdickungsmittel der Farben und Beizen, wie als Appreturmittel. Zu letzterem Zwecke eignet sich besonders eine Sorte Gummi, die an den Ufern des Senegals gesammelt wird und hievon den Namen Gummi-Senegal führt, weil sie einen dickeren Schleim giebt als das gewöhnliche Gummi arabicum. *Gummi und Wasser.*

**Versuch.** Man gieße von dem erhaltenen Gummischleim einige Tropfen in Weingeist: sie vermischen sich nicht damit, denn das Gummi ist unlöslich in Weingeist. Vermischt man den Gummischleim zuvor mit Wasser, so daß daraus eine dünne, klare Flüssigkeit entsteht und setzt zu dieser Weingeist hinzu, so erfolgt eine Trübung und später ein flockiger Niederschlag; man hat also in dem Weingeist ein Mittel, um aus gummihaltigen Flüssigkeiten das Gummi zu entfernen. *Gummi und Weingeist.*

466. Gummi-Traganth ist gleichfalls ein als Kleb- und Steifungsmittel gar bekannter Pflanzensaft, welcher in Griechenland und der Türkei aus dem Traganthstrauche ausfließt und im Handel in Gestalt von weißen, gewundenen Fäden oder Bändern vorkommt. *Traganth.*

**Versuch.** Man lasse ein Stückchen Traganth mit kaltem Wasser einige Tage stehen: es wird erweichen und zu einer steifen, schlüpfrigen Gallerte aufquellen; ein einziges Quentchen davon reicht hin, *Traganth und Wasser.*

Traganth und Wasser. um 1 Pfund Wasser in einen dicken Schleim zu verwandeln. In diesem ist der Traganth nicht aufgelöst, sondern nur, ähnlich wie bei dem Stärkekleister, aufgequollen; kocht man den Schleim, so erlangt er zwar eine größere Gleichförmigkeit, aber eine vollständige Auflösung wird auch dadurch nicht erreicht.

Pflanzenschleim. Man hat diese Art von Gummi, zum Unterschiede von dem vorigen, Pflanzenschleim genannt; sie findet sich auch in vielen bei uns einheimischen Pflanzen, z. B. in den Blättern der Malven und des Huflattigs, in den Althee- und Salepwurzeln, in den Lein- und Quittensamen, in der Carragheenflechte u. a. m. An den Quittenkernen kann man den Schleim recht deutlich wahrnehmen, denn er umgiebt die Samen als ein weißlicher, durchscheinender Ueberzug; wie ergiebig dieser ist, geht daraus hervor, daß 1 Quentchen Quittenkerne hinreicht, um ½ Pfund Wasser dickschleimig zu machen.

Kirschgummi. 467. **Versuch.** Uebergießt man Kirsch- oder Pflaumengummi mit einer großen Menge Wasser, so löst sich bei längerem Stehen ein Theil davon auf (Gummi), ein Theil aber bleibt als eine aufgequollene Masse zurück (Pflanzenschleim); diese beiden Pflanzensäfte sind sonach als Gemenge von Gummi und Pflanzenschleim anzusehen.

Pectin 468. **Pectin.** Die Säfte vieler Früchte und Wurzeln, z. B. der Johannis- und Stachelbeeren, Kirschen, Aepfel, Rüben ꝛc., enthalten eine eigenthümliche Art von Schleim, durch den sie die Fähigkeit erlangen, beim Erkalten, besonders nach vorherigem Aufkochen mit Zucker, zu einer gallertartigen Masse (Gelée) zu gestehen. Man hat diesem Körper, dem das Gerinnen der Fruchtsäfte zuzuschreiben ist, den besonderen Namen Pectin (Pflanzengallerte) gegeben und unterscheidet jetzt mehrfache Modificationen davon, als z. B. Parapectin, Metapectin, Pectinsäure ꝛc.

## IV. Zucker (Saccharum).

469. **Krümelzucker** ($C_{12}H_{12}O_{12} + 2HO$). Wie die Stärke in Zucker umgewandelt werden kann, ist schon bei dieser angeführt worden (458.). Diese Zuckerbildung ließ sich auf zweierlei Wegen hervorrufen: entweder durch Kochen mit verdünnter Schwefelsäure (Stärkesyrup), oder durch Digeriren der Stärke mit Malz oder Diastase (Malzsyrup). Beide Syrupe sind als concentrirte Lösungen von Zucker in Wasser anzusehen. Läßt man stark eingedampften Stärkesyrup längere Zeit ruhig stehen, so sondert sich daraus ein krümlicher Bodensatz aus, während ein Theil der Zuckerlösung flüssig und zähe bleibt. Der so gewonnene feste Zucker, welcher aus feinen Körnern besteht, wird **Stärkezucker** oder wegen seiner krümlichen Beschaffenheit **Krümelzucker** genannt; der flüssige Theil aber, der immer wieder Feuchtigkeit anzieht und zerfließt, auch wenn er zur Trockne abgedampft wurde, **Schleimzucker**. Zucker aus Stärke.

Etwas Aehnliches wie beim Stärkezucker sehen wir beim **Honig**. Wird dieser nach dem Auslassen längere Zeit aufbewahrt, so theilt sich die erst gleichförmige Masse ebenfalls in zwei Theile, in einen krümlichen festen Bodensatz und eine syrupartige Flüssigkeit; der erstere besteht aus Krümelzucker, die letztere aus Schleimzucker. Zucker im Honig.

Dieselbe Zuckerart (Krümelzucker) wird auch in vielen Pflanzen gebildet und sammelt sich insbesondere in reichlicher Menge in den **Früchten** an, z. B. in den Pflaumen, Kirschen, Birnen, Feigen, Weintrauben ꝛc. Der weiße Beschlag der gebackenen Pflaumen und die weißen süßen Körner in den getrockneten Trauben (Rosinen) bestehen daraus. Man nennt nach dieser Abstammung den Krümelzucker auch **Frucht-** oder **Traubenzucker**. Zucker in Früchten; Traubenzucker.

Kostet man ein getrocknetes Zuckerkörnchen aus einer Rosine und dann ein Krümelchen von gewöhnlichem Zucker, so wird man leicht bemerken, daß das erstere viel *weniger* süß schmeckt als das letztere; $2\frac{1}{2}$ Loth Krümelzucker geben nur so viel Süßigkeit als 1 Loth Eigenschaften des Krümelzuckers.

Eigenschaften des Krümelzuckers. gewöhnlicher Zucker. Ebenso verschieden ist auch die Löslichkeit dieser beiden Zuckerarten im Wasser, der Krümelzucker löst sich viel schwerer und langsamer darin auf als der gewöhnliche Zucker. Während 1 Loth kaltes Wasser im Stande ist, 3 Loth gewöhnlichen Zucker aufzulösen, vermag es von dem Krümelzucker nur $\frac{2}{3}$ Loth aufzunehmen; die aus ersterem dargestellte Zuckerlösung (Syrup) hat demnach eine viel stärkere und zähere Consistenz als die aus Krümelzucker bereitete.

Rohrzucker. 470. Rohrzucker ($C_{12}H_{10}O_{10}+HO$). Von der vorigen Zuckerart verschieden ist unser gewöhnlicher weißer Zucker, den man entweder in den tropischen Ländern aus dem Safte des Zuckerrohrs, oder bei uns aus dem Safte der Runkelrüben darstellt; man nennt ihn deshalb Rohrzucker oder auch Rübenzucker.

Gewinnung des Rohrzuckers. Die Operationen, wodurch man diesen Zucker im Großen gewinnt, sind folgende:

1) Ausziehen des Saftes aus dem Zuckerrohr oder aus den zu einem Brei zerriebenen Runkelrüben durch starke Pressen oder durch Auslaugen mit Wasser.

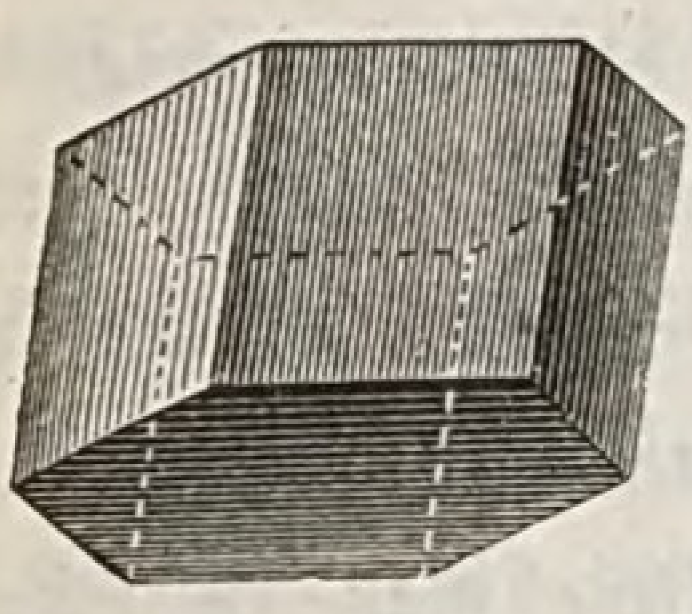
2) Einkochen des Saftes mit Zusatz von etwas Kalk, durch den mehre fremdartige Stoffe niedergeschlagen werden, bis zur starken Syrupsconsistenz; daraus setzt sich beim Erkalten der rohe Zucker in braungelben krystallinischen Körnern ab (Rohzucker oder Moscovade). Der nicht krystallisirende Schleimzucker, welcher davon abgelassen wird, bildet den bekannten braunen Syrup (Melasse).

Raffinirter Zucker. 3) Raffiniren des Rohzuckers, d. h. Entfernung der demselben noch anhängenden braunen Syruptheilchen. Dies geschieht a) durch Wiederauflösen des Rohzuckers in wenig Wasser; b) durch Filtriren der braunen Lösung durch grobgestoßene Knochenkohle, welche den Farbstoff zurückhält; c) durch Einkochen der entfärbten Lösung in luftleer gemachten Kesseln (Vacuumpfannen). Läßt man den concentrirten Zuckersaft dann in den Zuckerhutformen unter öfterem Umrühren erkalten, so erhält man, in Folge der gestörten Krystallisation, eine aus lauter kleinen zerbrochenen Krystallchen bestehende feste Masse.

den gewöhnlichen Hutzucker, aus dem man den letzten Rest von Schleimzucker dadurch verdrängt, daß man eine concentrirte Lösung von krystallisirbarem Zucker allmälig hindurchsickern läßt (Decken). Der auf's Vollständigste gereinigte, blendend weiße Zucker heißt Raffinade, der weniger vollständig raffinirte, gelbliche, Melis. Raffinirter Zucker.

Versuch. Man löse 1 Loth Zucker in ½ Loth heißem Wasser auf; die erhaltene dickliche Lösung führt den Namen weißer Syrup. Wird dieser in einer Tasse an einen warmen Ort gestellt, so scheidet sich daraus beim langsamen Verdunsten des Wassers der Zucker, in geschobenen 6seitigen Säulen krystallisirt, aus. Auf ähnliche Weise bereitet man im Großen aus raffinirtem Zucker den weißen Candis, aus Rohzucker den braunen Candis. Da die Krystalle sich viel lieber an Körpern mit rauher Oberfläche, als an solchen mit glatter absetzen, so spannt man oft dünne Fäden oder Holzstäbchen in den Krystallisationsgefäßen auf, die sich sehr bald mit Krystallkrusten überziehen. Candiszucker.

Fig. 195.



471. Zuckerproben. Der Rohrzucker schmeckt, wie angegeben, viel süßer als der Krümelzucker, er hat daher als versüßendes Mittel einen weit höheren Werth als der letztere. Unter dem jetzt im Handel vorkommenden weißen Zucker trifft man nicht selten Sorten an, die ganz oder theilweise aus Stärkezucker bestehen. Unterscheidung des Rohrzuckers vom Krümelzucker.

Versuch. Man übergieße in einem Probirgläschen ein Stückchen Rohrzucker, in einem anderen einige Zuckerkrümel aus einer Rosine mit starker Schwefelsäure: der Rohrzucker wird bei gelindem Erwärmen schwarz (er verkohlt), der Krümelzucker nicht. Eine entgegengesetzte Reaction tritt ein, wenn man die beiden Zuckerarten mit Kalilauge erhitzt; hiebei nimmt der Krümelzucker, nicht aber der Rohrzucker, eine dunkle Farbe an.

Versuch. Noch genauer lassen sich diese beiden Zuckerarten durch die Kupferprobe von einander unterscheiden. Zu den Zuckerlösungen bringe man zuerst einige Tropfen von aufgelöstem Kupfervitriol, dann Kalilauge bis zum gelinden Ueberschuß und stelle beide Gläschen in

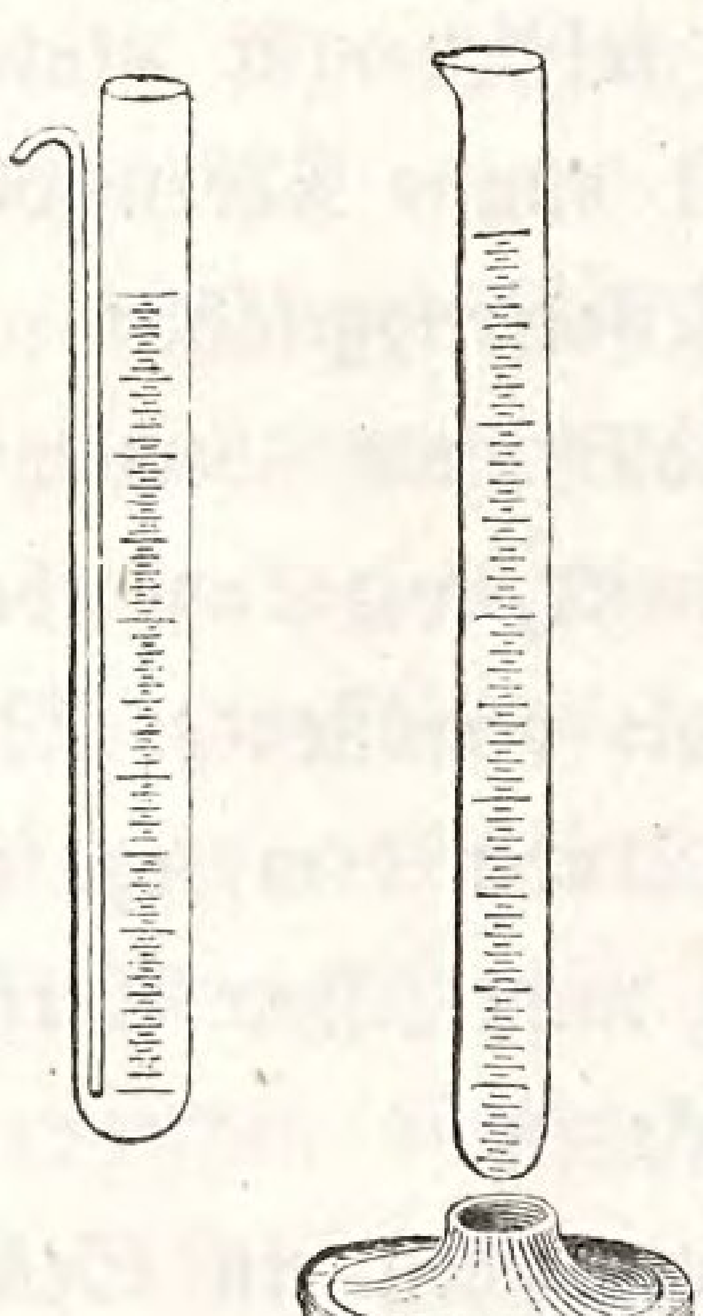
Unterscheidung des Rohrzuckers vom Krümelzucker.

heißes Wasser: die Flüssigkeit mit dem Krümelzucker wird in wenigen Minuten rothgelb werden, die mit Rohrzucker dagegen blau bleiben. Der Traubenzucker ist im Stande, dem Kupferoxyd die Hälfte seines Sauerstoffs zu entziehen, wodurch rothgelbes Oxydul gebildet wird (354.). Der Zucker verwandelt sich durch den aufgenommenen Sauerstoff zum Theil in Ameisensäure und Kohlensäure. Selbst in tausendfach verdünnten Lösungen läßt sich auf diese Weise der Krümelzucker noch deutlich erkennen. Rohrzucker und Dextrin, auf gleiche Weise behandelt, liefern erst bei längerem Kochen Kupferoxydul; Gummi giebt einen blauen Niederschlag.

Zuckerbestimmung durch Titriren.

Zuckerbestimmung. Das angegebene Verhalten läßt sich selbst zur quantitativen Bestimmung des Zuckers nach der Titrirmethode benutzen. Eine hiezu besonders geeignete Probeflüssigkeit bereitet man sich aus 1 Loth krystallisirtem kohlensauren Natron, 1 Loth gestoßenem Weinstein (Cremor tartari), 3 Quentch. Aetzkali und 5 Loth Wasser die man in einem Schälchen bis zum Kochen erhitzt; ebenso bereitet man sich eine Lösung aus 2 Quentch. Kupfervitriol und 3 Loth Wasser, und mischt dann beide Lösungen unter einander. Die so dargestellte tiefblaue Flüssigkeit läßt sich in verschlossenen Gefäßen längere Zeit, ohne sich zu ändern, aufbewahren. Erhitzt man eine bestimmte Menge davon (etwa 2 oder 3 Loth) in einem Porzellanschälchen bis zum Kochen und setzt aus einer Burette eine sehr dünne Krümelzuckerlösung, deren Zuckergehalt man genau weiß, so lange, zuletzt tropfenweise zu, bis die über dem Niederschlage von Kupferoxydul stehende Flüssigkeit eben ihre blaue Farbe völlig verloren hat, so erfährt man die zur Zersetzung der angewendeten Probeflüssigkeit nöthig gewesene Zuckermenge und kann nun die auf diese Weise titrirte Flüssigkeit zur quantitativen Prüfung anderer zuckerhaltiger Flüssigkeiten benutzen.

Fig. 196.



Eine Normallösung von Krümelzucker erhält man, wenn man 10 Gramm trocknen, weißen Candiszucker in der vierfachen Menge Wasser löst, die Lösung mit 5 Tropfen englischer Schwefelsäure versetzt, einige Minuten kocht und mit so viel Wasser verdünnt, daß das Ganze 500 Cubikcentimeter beträgt. 10 Cubikcentimeter der Flüssigkeit enthalten dann genau $^1/_5$ Gramm in Krümelzucker verwandelten Rohrzucker aufgelöst. Will man Flüssigkeiten, welche Rohrzucker enthalten, z. B. den Saft der Zuckerrüben, auf diese Weise untersuchen, so muß man auch diesen vorher mit einigen Tropfen Schwefelsäure kochen (476.). Zuckerbestimmung durch Titriren.

Eine andere, überaus scharfe Methode der Zuckerbestimmung wird neuerdings mittelst eines optischen Instruments durch die sogenannte Circularpolarisation ausgeführt; sie gründet sich auf die Eigenschaft des Rohrzuckers, als Lösung die Polarisationsebene nach rechts zu drehen und eine Reihe von regenbogenfarbigen Ringen zu erzeugen. Optische Zuckerprobe.

472. Schleimzucker. Mit diesem sehr unbestimmten Namen bezeichnet man gemeinhin alle diejenigen Zuckerarten, die beim Abdampfen keine feste, krystallinische oder körnige, sondern eine glasartig-amorphe Masse geben, welche beim Liegen an der Luft wieder Wasser anzieht und zerfließt. Im gewöhnlichen Leben nennt man diese Zuckerarten auch Syrupe. Schleimzucker.

473. Milchzucker wird die besondere Zuckerart genannt, welche in der Milch vorkommt und dieser ihren angenehmen, süßlichen Geschmack ertheilt. Man erhält sie in harten, weißen Krystallmassen, wenn man die süßen Molken abdampft. Der Milchzucker schmeckt noch viel weniger süß als der Krümelzucker, und braucht 6 Theile kaltes Wasser, um sich aufzulösen. Bekanntlich wird süße Milch sauer, wenn sie einige Tage steht; dieses Sauerwerden rührt von dem Milchzucker her, der sich allmälig in eine eigenthümliche Säure, Milchsäure, verwandelt. Milchzucker.

474. Mannit oder Mannazucker ist ein zuckerähnlicher Stoff, der die Hauptmasse der Manna (des eingetrockneten süßen Saftes einiger, hauptsächlich in Italien wachsenden Eschenarten) ausmacht. Mannazucker.

## Veränderungen des Zuckers.

Amorpher Zucker.

475. a) Veränderung durch Hitze. **Versuch.** Man koche in einem Schälchen 1 Loth Zucker mit 1 Quentchen Wasser so lange, bis die zähe Auflösung eben anfängt, eine gelbliche Farbe anzunehmen, dann gieße man die letztere auf ein Blech aus, auf dem man vorher einen Tropfen Baumöl verrieben hat. Die glasähnliche, spröde Masse ist geschmolzener Zucker in amorphem Zustande (Gerstenzucker oder Bonbons). Durch das Wasser wird der Zucker erst gelöst, beim Kochen verdampft das Wasser aber wieder, und der Zucker geht allmälig aus dem aufgelösten Zustande in den geschmolzenen über. Die gelbliche Farbe zeigt an, daß alles Wasser fort ist und der Zucker eben auf dem Punkte steht, brenzlich zu werden.

Hebt man den durchsichtigen Zucker einige Wochen auf, so wird er undurchsichtig und krystallinisch und läßt sich dann leicht zerbrechen und zerkauen (er stirbt ab); dieses Verhalten ist deswegen von wissenschaftlichem Interesse, weil es abermals (280.) deutlich zeigt, daß auch im festen Zustande die kleinsten Theilchen des Zuckers (seine Atome) ihre Lage gegen einander verändern können.

Gebrannter Zucker.

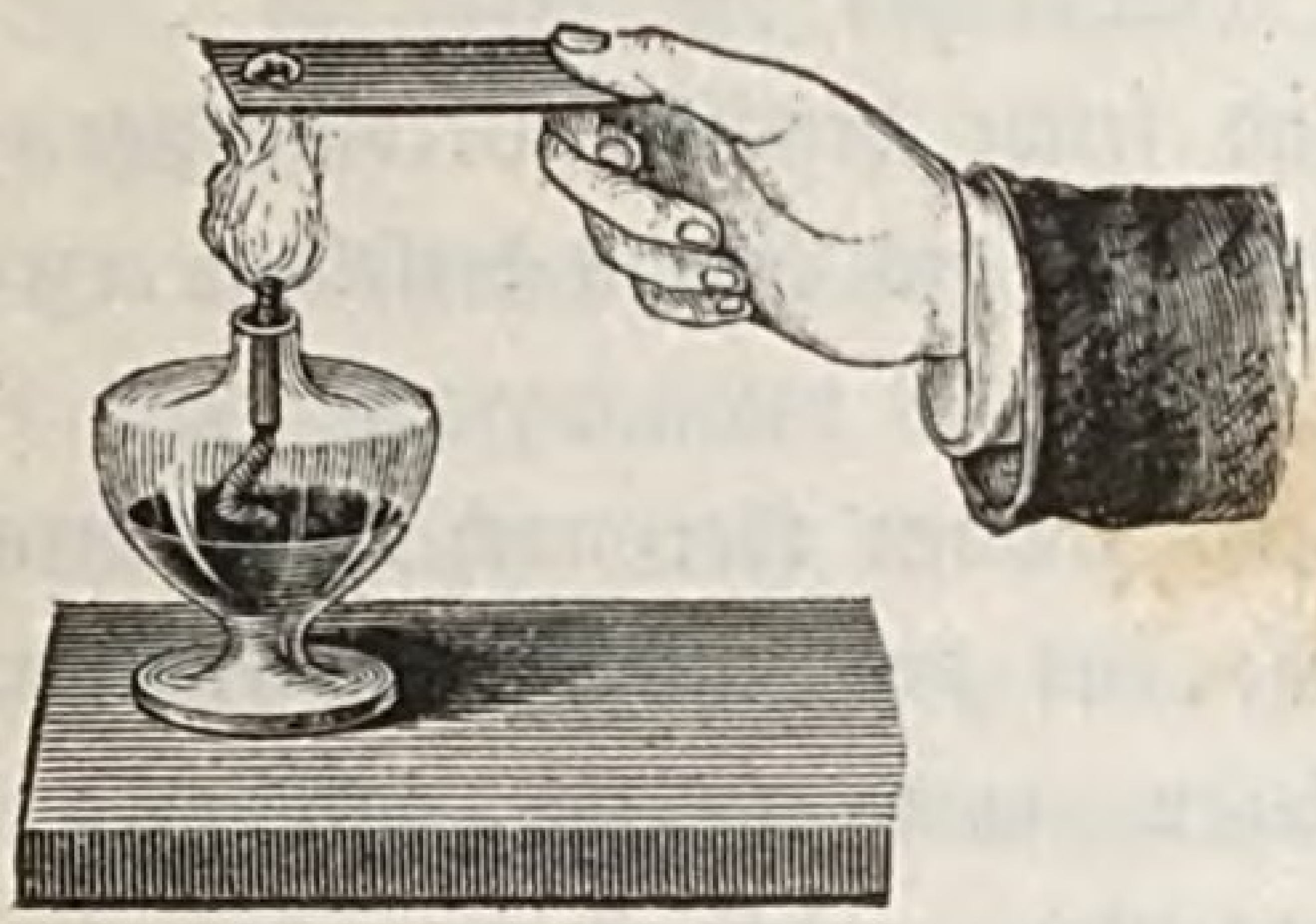
**Versuch.** Man wiederhole den vorigen Versuch, jedoch ohne das Erhitzen beim Auftreten der gelben Farbe zu unterbrechen: der Zucker wird sich immer dunkler, endlich braunschwarz färben und dabei einen eigenthümlichen brenzlichen Geruch verbreiten. Beim Erkalten erhält man ihn jetzt als eine fast schwarze, harte Masse, die an der Luft bald zu einem dunklen Syrup zerfließt und gebrannter Zucker oder Caramel genannt wird. Ein Paar Tropfen davon geben einem großen Glase voll Wasser das Ansehen von Rum; dieser starkfärbenden Kraft wegen ist der gebrannte Zucker sehr in Gebrauch gekommen, um damit Liqueuren, Essig, Weingeist 2c. eine gelbe oder braune Farbe mitzutheilen.

Verbrennen des Zuckers.

**Versuch.** Noch stärker erhitzt, verkohlt der Zucker und verbrennt endlich, ähnlich wie Holz, wie man leicht sehen kann, wenn

man ein Stückchen davon auf einem Platinbleche über eine Weingeist- *Verbrennen des Zuckers.*

Fig. 197.



flamme hält. Die dabei erscheinende Flamme zeigt zugleich an, daß sich brennbare Gase entwickeln. Reiner Zucker darf keinen Rückstand hinterlassen; ist er kalkhaltig, so bleibt eine weiße Asche auf dem Bleche zurück, die sich auch durch das stärkste Glühen nicht verflüchtigt.

476. b) Veränderung durch Säuren. Versuch. Bringt *Zucker und Säuren.* man zu einer dicken, kochenden Zuckerlösung einige Tropfen Citronensaft oder ein wenig Weinsäure, so wird diese sogleich dünnflüssig und giebt beim Abdampfen keine Krystalle mehr; hieraus erklärt es sich, warum die süßen Fruchtsäfte, in denen immer organische Säuren vorhanden sind, beim Einkochen nur einen dicken Syrup, nicht aber einen festen Zucker liefern. Untersucht man die Zuckerlösung, wie (471.) bei der Kupferprobe angegeben, so wird man finden, daß jetzt Krümelzucker in ihr enthalten ist; der Rohrzucker ist sonach durch das Kochen mit organischen Säuren in Krümelzucker verwandelt worden. Diese Verwandlung erfolgt auch noch auf mannichfache andere Weise, z. B. durch bloßes langes Kochen von Zuckerlösungen, durch Kochen derselben mit verdünnter Schwefelsäure, durch Gährung 2c. Wird Zucker sehr lange mit verdünnter Schwefelsäure gekocht, so geht er endlich in braune, humusähnliche Körper über. Mit Salpetersäure und anderen Säuren, die Sauerstoff abgeben, gekocht, oxydirt er sich stufenweise erst zu Zuckersäure, dann zu Kleesäure, endlich zu Kohlensäure und Wasser.

Mit Bleioxyd, Kalk und vielen anderen Basen kann sich der *Zucker und Basen.* Zucker, als ob er eine Säure wäre, in bestimmten Verhältnissen verbinden; dabei verliert er aber seinen süßen Geschmack.

## Rückblick auf die bisher betrachteten Pflanzenstoffe.
(Pflanzenfaser, Stärke, Gummi, Schleim, Pectin und Zucker.)

1) Organische Stoffe sind solche chemische Verbindungen, die sich in Thieren und Pflanzen während des Lebens derselben erzeugen (Educte).

2) Wir bezeichnen mit diesem Namen aber auch noch diejenigen chemischen Verbindungen, welche aus den natürlich vorkommenden Thier- und Pflanzenstoffen entstehen, wenn sie sich, mit oder ohne unser Zuthun, verändern (Producte).

3) Die organischen Stoffe verändern sich ungemein leicht. Wir bemerken solche Veränderungen:

a) in den lebenden Thieren und Pflanzen (Keimen, Reifen 2c. — Athmen, Verdauung 2c.);

b) in den todten Thieren und Pflanzen (Gährung, Fäulniß, Verwesung 2c.);

c) beim Erhitzen der Thier- und Pflanzenstoffe (Verkohlen, Verbrennen 2c.);

d) bei der Behandlung derselben mit Säuren, Basen 2c.

4) Bei allen diesen Veränderungen vergeht nur die Gestalt der organischen Körper: die Grundstoffe, aus denen sie bestehen, sind unveränderlich, sie verschwinden deswegen nur oft für unser Auge, weil sie luftförmige Gestalt annehmen.

5) Wir sind bis jetzt noch nicht im Stande (einige unbedeutende Ausnahmen abgerechnet), organische Verbindungen aus ihren Bestandtheilen künstlich zusammenzusetzen und nachzubilden; wir können sie nur zersetzen und in neue Körper umbilden.

6) Die vier Organogene: Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff und Stickstoff, sind die Hauptbestandtheile (Elementar-Bestandtheile) von Allem, was da lebt und gelebt hat. Hiezu treten nur noch einige wenige unorganische Stoffe, als: Schwefel, Phosphor, Kalium, Calcium 2c.

7) Die genannten vier Organogene besitzen die Fähigkeit, sich in

unbegrenzter Weise unter einander zu verbinden, ja nicht nur unter einander, sondern auch außerdem mit vielen unorganischen Stoffen; die Zahl der organischen Verbindungen geht daher in's Unendliche.

8) Da hienach die Verschiedenheit der organischen Stoffe nicht, wie bei den unorganischen Stoffen, in der Mannichfaltigkeit der Bestandtheile liegen kann, so muß die Ursache davon in der mannichfachen Nebeneinanderlagerung oder Gruppirung derselben gesucht werden (zusammengesetzte Atomgruppen).

9) Unter den im Pflanzenreiche vorkommenden Atomgruppen oder näheren Bestandtheilen gehören Pflanzenfaser, Stärke, Gummi (Dextrin), Schleim, Pectin und Zucker zu den am allgemeinsten verbreiteten. Sie finden sich in jeder Pflanze vor.

10) Dieselben haben weder saure noch basische Eigenschaften; man nennt sie deshalb indifferente Pflanzenstoffe.

11) In ihrer Zusammensetzung zeigen sie eine sehr große Aehnlichkeit; sie bestehen nämlich nur aus den drei Elementen: Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff (sie sind stickstofffrei), und zwar enthalten sie Sauerstoff und Wasserstoff fast immer in demselben Verhältnisse, wie im Wasser, nämlich zu gleichen Atomen.

12) Die gedachten vier näheren Bestandtheile des Pflanzenreichs machen einen Hauptbestandtheil aller unserer vegetabilischen Nahrungsmittel aus; sie spielen daher eine sehr wichtige Rolle bei dem thierischen Lebensprocesse.

---

## V. Eiweißartige Stoffe, Proteinstoffe oder Blutbilder.

(Stickstoff, Schwefel und Phosphor enthaltende Stoffe: Eiweiß, Casein und Kleber.)

477. Bei der Pflanzenfaser und der Stärkebereitung ist bereits gezeigt worden, was man unter Pflanzen-Eiweiß, -Casein und Kleber

zu verstehen habe, und daß alle Pflanzen in ihrem Safte einen oder mehre dieser stickstoffhaltigen Körper enthalten, die rücksichtlich ihrer Zusammensetzung ganz mit einander übereinkommen und insbesondere durch ihren großen Reichthum an Stickstoff (gegen 16 Proc.) ausgezeichnet sind.

Eiweiß. Das Pflanzeneiweiß (Albumin) ist im Wasser löslich, wird aber durch Kochen unlöslich, es gerinnt. Es findet sich besonders reichlich in den Gemüsepflanzen und in den ölreichen Samen, z. B. in den Mandeln, Raps-, Lein-, Mohnsamen ꝛc. (451.).

Casein. Das Pflanzencasein (Legumin) ist ebenfalls in Wasser löslich, es gerinnt jedoch nicht durch Kochen, wohl aber, wenn man vorsichtig etwas Säure zu einer Auflösung davon hinzubringt. Sehr reich daran sind die Hülsenfrüchte, als Erbsen, Bohnen, Linsen ꝛc. (452.).

Kleber. Der Kleber (Pflanzenfibrin) ist unlöslich in Wasser und macht einen Hauptbestandtheil der Getreidekörner aus (453.).

Die bei der Gährung sich erzeugende Hefe ist ein veränderter Proteinstoff und gleichen Ursprungs scheint auch die bei dem Keimen sich erzeugende Diastase zu sein.

Schwefel der eiweißartigen Stoffe. Versuch. Zu 1 Quentchen zerklopfter Erbsen setze man ½ Quentchen Aetzkali und 2 Loth Wasser und koche das Gemenge so lange, bis ein Tropfen der Flüssigkeit auf Bleipapier (Papier, welches man mit einer Bleizuckerauflösung bestrichen hat) einen braunen Fleck hervorbringt. Die dunkle Farbe des Bleipapiers rührt von Schwefelblei her; sie zeigt also an, daß durch das Kali etwas Schwefel aus den Erbsen auflöslich gemacht worden ist. Setzt man jetzt zu der Flüssigkeit einige Tropfen Schwefelsäure oder Salzsäure hinzu, so giebt sich die Gegenwart des Schwefels auch durch den Geruch zu erkennen; es entwickelt sich nämlich etwas Schwefelwasserstoffgas (213.). Ganz ähnlich verhalten sich Pflanzeneiweiß und Kleber, wenn man sie auf gleiche Weise behandelt. Das Anlaufen von silbernen Löffeln, wenn sie längere Zeit in gekochten Erbsen ꝛc. stecken bleiben, erklärt sich nun einfach daraus, daß sich auf der Oberfläche derselben etwas Schwefelsilber bildet. In dem Pflanzeneiweiß (ebenso in dem Thier-

eiweiß) ist außer dem Schwefel auch noch eine kleine Quantität Phosphor enthalten. Schwefel der eiweißartigen Stoffe.

Man hat die eiweißartigen Stoffe auch Proteinstoffe genannt, weil man dafür hielt, daß in ihnen ein gemeinsamer Grundstoff (ein organisches Radical) enthalten sei, den man mit dem Namen Protein belegte.

478. Genaue Versuche haben gelehrt, daß die Hauptbestandtheile des Körpers der Thiere dieselbe Zusammensetzung haben, wie die genannten Proteinstoffe des Pflanzenreichs, und man hat daraus den Schluß gezogen, daß diese letzteren es sind, woraus bei denjenigen Thieren, welche sich lediglich durch Pflanzen ernähren, die Bestandtheile ihres Körpers gebildet werden. In der That wird dieser Schluß auch durch die Zusammensetzung des Blutes auf's Vollständigste bestätigt, denn auch dessen Hauptbestandtheile sind eiweißartige Stoffe (Eiweiß und Thierfibrin). Da nun das Blut der Vermittler der Ernährung ist, indem aus den Nahrungsmitteln zuerst Blut, aus dem Blute aber sodann alle übrigen Theile des Thierkörpers entstehen, so liegt die Folgerung sehr nahe: daß aus dem Eiweiß, Casein und Kleber, die wir in der Gestalt von Kartoffeln, Erbsen, Brot ꝛc. genießen, die eiweißartigen Stoffe des Blutes, aus diesen aber die der übrigen Körpertheile gebildet werden. Aus diesem Grunde können die erwähnten Stoffe auch mit dem Namen Blutbilder bezeichnet werden, und deswegen läßt sich auch die Nahrhaftigkeit der Nahrungsmittel annähernd nach ihrem Gehalte an Stickstoff abschätzen. Eiweißartige Stoffe als Nahrungsmittel.

## Veränderung der eiweißartigen Stoffe durch Verwesung und Fäulniß.

479. Ammoniakbildung. Versuch. Man übergieße Kleber, oder statt dessen etwas Schwarzmehl oder einige Erbsen in einer Flasche mit Wasser, verbinde die Flasche durch ein Glasrohr mit einer zweiten, in welcher sich ein Querfinger hoch Wasser befindet, und stelle sie an einen mäßig warmen Ort; in die erste Flasche klemmt man außerdem noch einen Streifen Bleipapier zwischen dem Korke und Fäulniß der eiweißartigen Stoffe.

Fäulniß der eiweißartigen Stoffe.

Glashalse fest, so daß er ein Stück in's Glas herabhängt. Man wird, bei warmer Temperatur schneller, bei kühler Temperatur langsamer, folgende Veränderungen wahrnehmen:

a) aus dem Glasrohre entweichen Gasblasen; sie bestehen aus Kohlensäure (und etwas Wasserstoff), wie man an der Trübung sieht, welche entsteht, wenn man etwas Kalkwasser in das zweite Gläschen schüttet;

b) das Bleipapier wird dunkel gefärbt, ein Zeichen von Schwefelwasserstoff-Erzeugung;

c) aus der über dem Kleber 2c. stehenden Flüssigkeit entwickelt sich ein stechender, ammoniakalischer Geruch, wenn man etwas davon mit Kalk oder Kali erwärmt: es ist also auch Ammoniak erzeugt worden.

Vergleicht man diesen Zersetzungsproceß mit dem, welcher bei der Fäulniß stickstofffreier Körper (445.) eintritt, so ergiebt sich als Hauptunterschied: bei der Fäulniß der eiweißartigen Stoffe verbindet sich deren Stickstoff und Schwefel (und Phosphor) mit Wasserstoff zu Ammoniak und Schwefelwasserstoff (und Phosphorwasserstoff). Diese luftförmigen Stoffe hauptsächlich verursachen den höchst unangenehmen Geruch, den wir beim Verwesen oder Faulen der stickstoffhaltigen Körper, namentlich der Thierstoffe, wahrnehmen. Beim Fortschreiten dieser Zersetzung entstehen auch hier, wie bei der Holzfaser, braune, humusartige Stoffe.

Wie ekelhaft uns die Producte der Verwesung und Fäulniß auch erscheinen mögen, so tragen sie doch nichts destoweniger den Keim der schönsten Verbindungen in sich; die schönste Pflanze ist aus solchen Verwesungsstoffen entstanden. Gerade die am widerlichsten riechenden, faulenden, stickstoffhaltigen Körper sind für unsere Felder und Gärten die kräftigsten Beförderungsmittel der Fruchtbarkeit (die besten Düngemittel).

Verwesung der eiweißartigen Stoffe mit Basen.

480. Salpeterbildung. Versuch. Man menge Leinmehl mit Holzasche, Sand und Kalk zusammen und lasse dieses Gemenge zur Sommerzeit einige Monate an der Luft stehen, indem man es

öfter mit Wasser anfeuchtet und umrührt. Zieht man nach dieser Zeit das Gemenge mit heißem Wasser aus und verdampft die Lösung, so werden sich aus der letzteren beim Abkühlen säulenförmige Krystalle bilden, die auf glühenden Kohlen lebhaft verpuffen; sie sind Salpeter (207.). Verwesung der eiweißartigen Stoffe mit Basen.

Auch hiebei bildet sich aus dem Stickstoff des in dem Leinmehl in reichlicher Menge vorhandenen Pflanzeneiweißes zuerst Ammoniak, allein dieses wird durch den prädisponirenden Einfluß der starken Basen bestimmt, noch weiter zu verwesen, d. h. Sauerstoff aus der Luft anzuziehen, wodurch aus seinem Wasserstoff Wasser, aus seinem Stickstoff Salpetersäure gebildet wird, welche letztere sich mit dem Kali und Kalk vereinigt.

Aus Ammoniak = $N \quad H_3$

und Sauerstoff = $O_5 \quad O_3$

werden Salpetersäure und Wasser = $NO_5 + 3HO$.

Auf ähnliche Weise erzeugen sich kleine Mengen von Salpeter in der Ackererde aus den verwesenden organischen Stoffen (Humus) und den vorhandenen mineralischen basischen Bestandtheilen (Kali, Kalk 2c.). Da die salpetersauren Salze stark düngend (treibend) wirken, so muß ein Boden um so fruchtbarer werden, je mehr sich solche Salze in ihm erzeugen können. Ist mehr Salpeter im Boden, als zu dem Pflanzenwachsthum verbraucht wird, so geht dieser unzersetzt in den Saft der Pflanzen; so ist es bekannt, daß Runkelrüben, Taback und Borretsch auf sehr stark gedüngtem Boden, wie gleicherweise die auf Schutthaufen üppig wachsenden Pflanzen, als Bilsenkraut, Stechapfel 2c., oft so reich daran sind, daß sie getrocknet auf glühenden Kohlen unter Funkensprühen verbrennen.

481. Die außerordentliche Leichtigkeit, mit welcher die eiweißartigen Stoffe in Zersetzung übergehen, wenn sie im feuchten Zustande der Luft ausgesetzt werden, erklärt sich auf eine einfache Weise daraus, daß sie fünf, ja sechs Elemente, und immer mehre Atome von jedem, als Bestandtheile enthalten (425. 429.). Sind sie während Zersetzender Einfluß der eiweißartigen Stoffe.

Zersetzender Einfluß der eiweißartigen Stoffe. ihrer Zersetzung mit stickstofffreien Stoffen in Berührung, so werden auch diese dazu disponirt, gleichsam angesteckt, sich mit zu zersetzen. Ueberaus wichtig ist in dieser Beziehung insbesondere die Veränderung, welche der Zucker erfährt, wenn er mit in Zersetzung begriffenen eiweißartigen Stoffen zusammengebracht wird. Diese Zersetzung, bekannt unter dem Namen der geistigen Gährung, soll in dem folgenden Abschnitte näher betrachtet werden.

### Rückblick auf die eiweißartigen oder Proteinstoffe.
### (Eiweiß, Casein, Kleber).

1) Die eiweißartigen Stoffe zeichnen sich dadurch aus, daß sie außer Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff auch noch Stickstoff und Schwefel enthalten.

2) Wegen dieser complicirten Beschaffenheit zersetzen sie sich mit der größten Leichtigkeit (Gährung, Fäulniß, Verwesung).

3) Kommen sie, während sie sich zersetzen, mit anderen organischen Stoffen zusammen, so bewirken sie, daß diese ebenfalls zu gähren, faulen, verwesen ꝛc. anfangen.

4) Alle Pflanzen enthalten, wenn auch nicht immer in großer Menge, einen dieser Stoffe; wir schließen aus dieser allgemeinen Verbreitung auf eine wichtige Bestimmung derselben.

5) Diese Bestimmung besteht ohne Zweifel darin, daß durch sie die Ernährung und das Wachsthum der Thiere vermittelt werden soll.

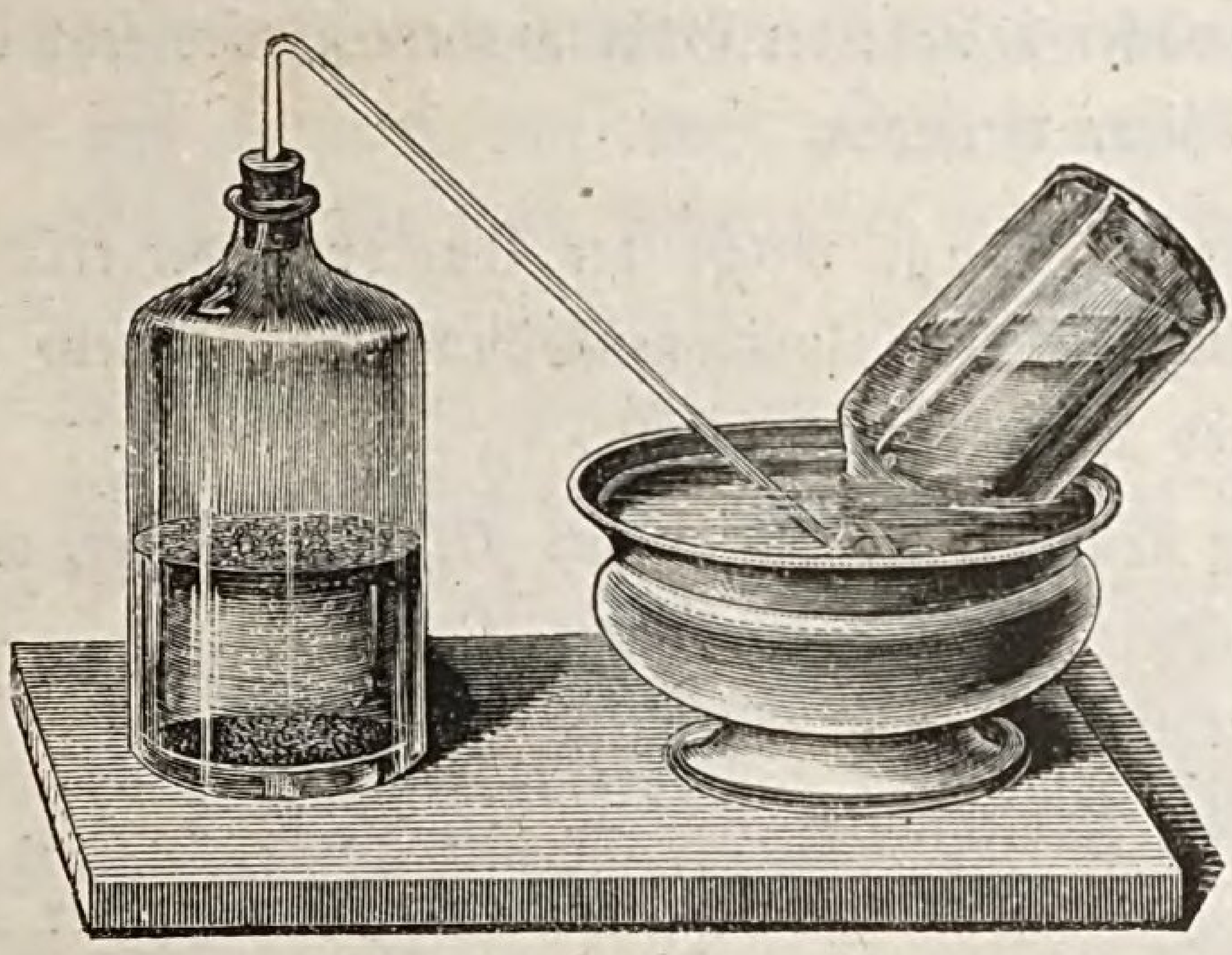
---

## VI. Verwandlung des Zuckers in Weingeist.
## (Geistige Gährung).

Honig und Kleber. 482. **Versuch.** 1 Loth Honig wird in 8 Loth Wasser gelöst und zu der Lösung etwas von dem in Zersetzung begriffenen Kleber oder Casein aus dem Versuche 479. gebracht: die Flüssigkeit wird

an einem mäßig warmen Orte (bei 18 — 24° C.) bald in Gährung gerathen und eine reichliche Menge von Gas entwickeln. Stellt man den Versuch in einem mit einer gebogenen Glasröhre versehenen Gläschen an und leitet die Glasröhre in ein zweites, mit Wasser gefülltes Gläschen, welches verkehrt in einer pneumatischen Wanne aufgestellt ist, so läßt sich das Gas leicht auffangen; es besteht aus Kohlensäure. Schmeckt die Flüssigkeit nach dem Aufhören der Gasentwickelung noch süß, so setzt man noch eine neue Portion von dem Kleber hinzu, wodurch die Gährung von Neuem hervorgerufen wird. Am Ende wird aller Zuckergeschmack verschwunden sein und die Flüssigkeit dafür einen branntweinartigen (geistigen) Geschmack angenommen haben. Man nennt die gegohrene Flüssigkeit Meth; sie enthält statt des Zuckers Weingeist, und dieser ist Ursache, daß ihr Genuß berauschend wirkt. Von dem Kleber findet man einen Theil, in einen bräunlichen Schlamm umgeändert, am Boden des Gefäßes. Honig und Kleber.

Fig. 198.



Wie der faulende Kleber, so wirken alle in Zersetzung begriffenen eiweißartigen Stoffe, z. B. alter Käse, faulendes Fleisch, Blut 2c.; am stärksten aber besitzt diese gährungerregende Kraft der veränderte Kleber der Gerste, den man in großer Menge als Nebenproduct bei dem Brauen des Bieres erhält (Oberhefe oder Bäckerhefe). Statt des deutschen Wortes Gährung braucht man auch oft das lateinische Wort fermentatio; hievon hat man weiter die Benennung Ferment gebildet, womit man alle die Körper bezeichnet, welche im Ferment.

Stande sind, Zuckerlösungen in Gährung zu versetzen. Oberhefe ist hienach das kräftigste Ferment.

Honig und Bierhefe.

Versuch. Man wiederhole den vorigen Versuch mit der Abänderung, daß man statt des Klebers einen Theelöffel voll Oberhefe zu dem Honigwasser bringt; der Gährungsproceß wird jetzt viel schneller und regelmäßiger verlaufen.

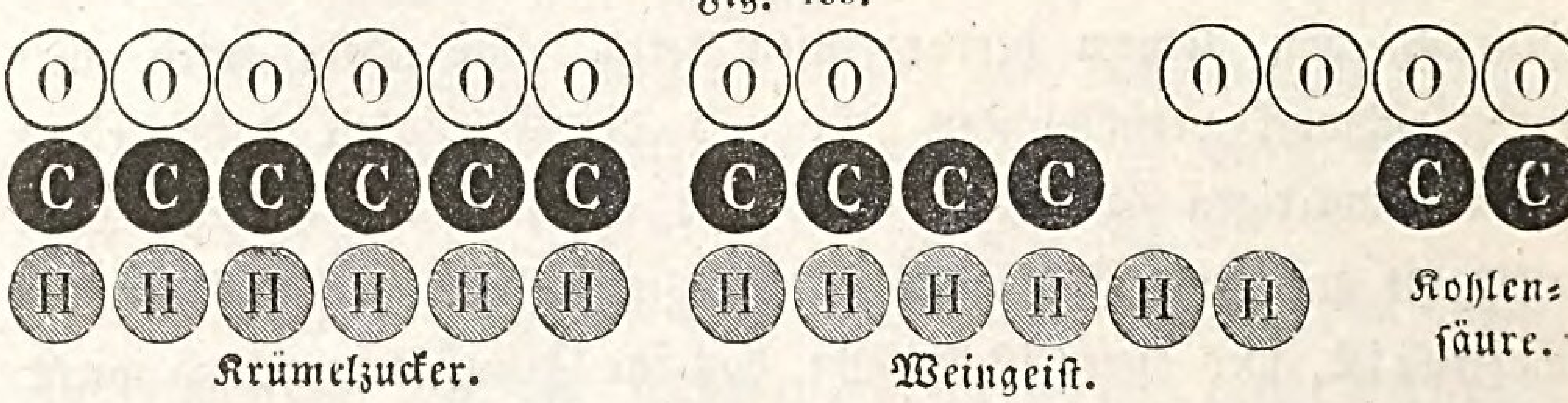
Veränderung des Zuckers durch Gährung.

483. Die Veränderung, welche der Zucker hiebei erfährt, läßt sich recht deutlich aus der Zusammenstellung der Formeln für Zucker, Weingeist und Kohlensäure ersehen.

1 Atom Honig- oder Krümelzucker besteht aus $C_{12}\,O_{12}\,H_{12}$ oder, diese der Einfachheit wegen halbirt, aus $C_6\ O_6\ H_6$;
daraus werden gebildet 1 Atom Weingeist $C_4\ O_2\ H_6$,
und 2 Atom Kohlensäure $= C_2\ O_4 = 2\ CO_2$.

Weingeist und Kohlensäure zusammenaddirt, geben wieder die Bestandtheile des Zuckers. Der Zucker zerfällt also bei der Gährung in Weingeist und Kohlensäure.

Fig. 199.




Beide Stoffe waren vorher nicht fertig gebildet im Zucker, sondern sie sind neue Producte einer eigenthümlichen Zerlegung des Zuckers; eigenthümlich deswegen, weil sie sich ausschließlich auf die Elemente des Zuckers beschränkt, ohne daß von diesen etwas weggeht oder etwas hinzutritt. Auch das Ferment wirkt auf dieselbe eigenthümliche Art, denn es ruft eine Zersetzung des Zuckers hervor, ohne sich doch mit dem Zucker zu verbinden oder ihm etwas zu nehmen oder zu geben; seine Wirkungsweise hat Aehnlichkeit mit der der Schwefelsäure, wenn diese Stärke in Zucker umwandelt (458.). Von der eben gedachten Wirkung der Schwefelsäure ist aber die des Ferments wie-

der deswegen verschieden, weil das Ferment selbst nicht unverändert bleibt, sondern sich während der Gährung auch zersetzt. Man hat sonach in der gährenden Flüssigkeit zweierlei neben einander vor sich gehende Veränderungen: 1) die des stickstoffhaltigen Ferments, 2) die des stickstofffreien Zuckers. Das Ferment macht immer den Anfang und der Zucker folgt nach, gleichsam als ob er angesteckt würde. Der Vorgang hat große Aehnlichkeit mit dem Falle, wo ein frischer Apfel dadurch zu faulen anfängt, daß er mit einem bereits in Fäulniß begriffenen in Berührung kommt. Veränderung des Zuckers durch Gährung.

Versuch. Man bringe statt des Honigs eine Lösung von weißem Zucker mit Hefe zusammen: die Gährung tritt hier erst später ein, weil der Rohrzucker zuvor in Traubenzucker übergehen muß, ehe seine Zerlegung in Weingeist und Kohlensäure beginnen kann. Dieser Uebergang erfolgt einfach durch Aufnahme von 1 Atom Wasser; denn tritt zu Rohrzucker, $= C_6 H_5 O_5$, 1 Atom Wasser, so entsteht daraus $C_6 H_6 O_6$ oder Traubenzucker. Zucker und Bierhefe.

## Wein.

484. Alle süßen Pflanzensäfte gehen von selbst in Gährung über, ohne daß man ihnen ein Ferment zuzusetzen braucht, weil sie immer Zucker und einen der eiweißartigen Stoffe, also Eiweiß, Casein oder Kleber, enthalten. Gährung von Pflanzensäften.

Versuch. Man bringe frisch gepreßten Möhrensaft in eine Temperatur von ungefähr 20—25° C.: der Saft wird bald brausen, Hefe absetzen und in eine geistige Flüssigkeit (Möhrenwein) übergehen.

Auf gleiche Weise bereitet man sich aus Johannis- oder Stachelbeeren den Johannis- oder Stachelbeerwein, aus Aepfeln den Aepfelwein oder Cider, aus Kirschen durch Gährung und nachherige Destillation das sogenannte Kirschwasser, aus Zuckersaft durch Gährung und nachherige Destillation den Rum 2c.

Am bekanntesten unter den Gährungen dieser Art ist die Gährung des Traubensaftes und das dadurch erzielte Product: der Gährung des Traubensaftes

Gährung des Traubensaftes.

Wein. Um blanken Wein zu gewinnen, preßt man die Trauben aus, füllt den Saft (Most) in Fässer und läßt ihn darin in dem Keller liegen. Da die Temperatur hier eine ziemlich niedrige ist, so geht die Gährung so langsam von Statten, daß sie erst in einigen Monaten vollendet ist. Der von der Hefe abgezogene junge Wein kommt in frische Fässer; er enthält noch eine kleine Quantität von Zucker und eiweißartigem Stoff, welche beide sich allmälig noch weiter, der erstere in Weingeist und Kohlensäure, der letztere in Hefe verwandeln (Nachgährung). Bei der Bereitung des **Rothweins** läßt man die zerquetschten blauen Trauben mit Schalen und Stielen zusammen abgähren, wobei sich aus den Schalen rother Farbstoff, aus den Stielen und Kernen aber Gerbstoff auszieht, welcher letztere diesem Weine den beliebten zusammenziehenden Geschmack ertheilt. **Moussirende** oder brausende Weine (Champagner) werden dadurch erzeugt, daß die Nachgährung in verstopften Flaschen erfolgt, wobei die gebildete Kohlensäure in dem Weine zurückgehalten wird.

Weine nördlicher Länder.

485. Die in **nördlichen Ländern**, z. B. in Deutschland, wachsenden Trauben enthalten verhältnißmäßig mehr eiweißartige Stoffe und Weinstein, als Zucker. Hieraus erklären sich zweierlei Eigenschaften der aus ihnen gebildeten Weine: ihr Geschmack und ihr Geruch. Der Geschmack ist nicht süß, weil die vorhandenen eiweißartigen Stoffe mehr als hinreichend sind, um allen Zucker zu zerlegen; der Geruch (die **Blume** oder das **Bouquet**) ist eigenthümlich angenehm, weil sich bei reichlichem Weinsteingehalte während der Gährung eine flüchtige Substanz (Oenanthäther) erzeugt, die einen sehr angenehmen Geruch besitzt.

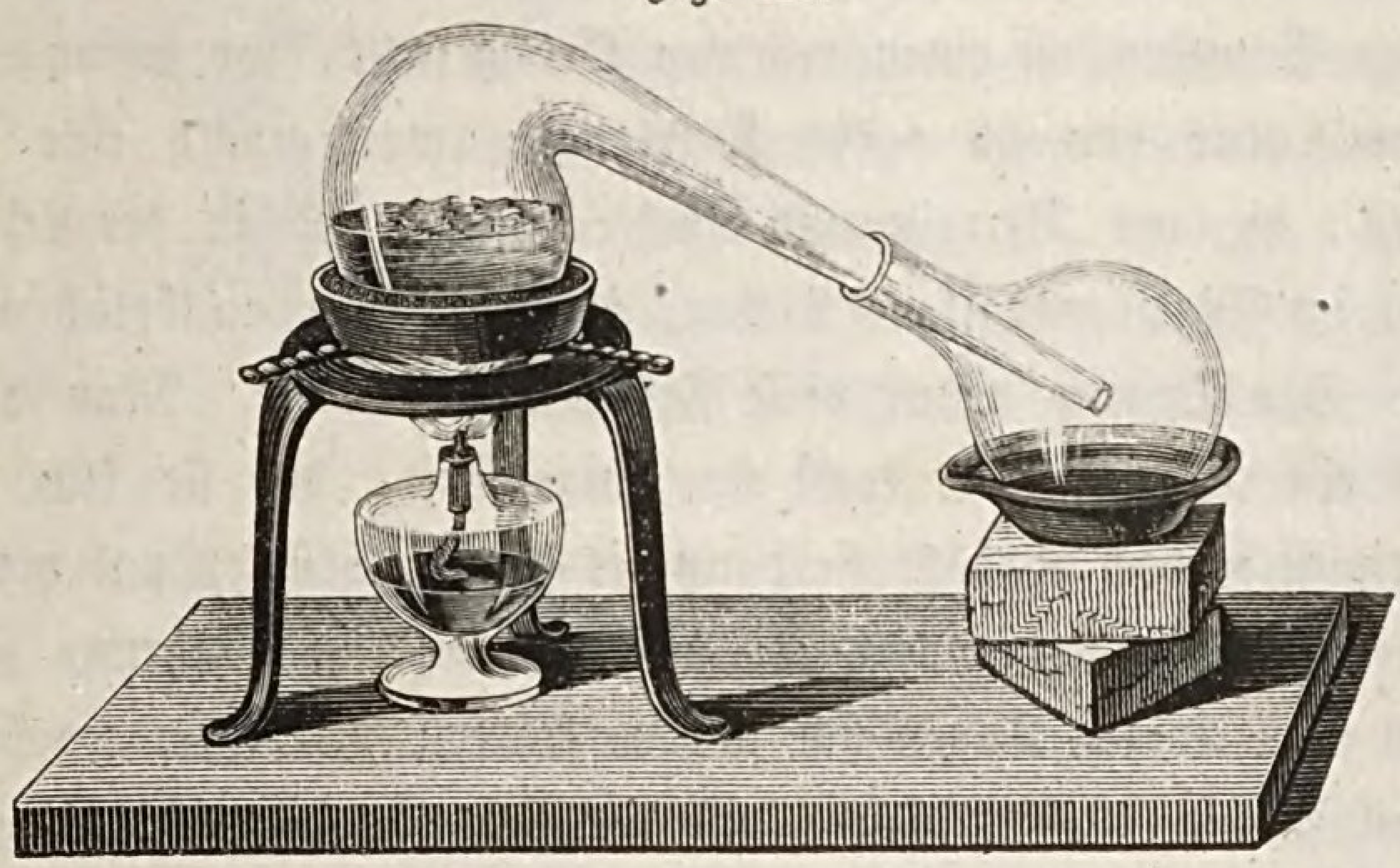
Weine südlicher Länder.

Anders ist es mit den Trauben **südlicher Länder**, z. B. Griechenlands, Spaniens, Portugals 2c. In diesen wird in Folge der höheren Temperatur viel Zucker, dagegen weniger Weinstein und eiweißartiger Stoff gebildet. Hier reicht der letztere nicht hin, um bei der Gährung die Verwandlung des ganzen Zuckers zu bewirken, ein Theil davon bleibt deshalb unzerlegt und der gebildete Wein schmeckt süß. Ferner entsteht hiebei, weil es an der genugsamen

Menge von Weinstein fehlt, kein Oenanthäther, und deswegen besitzen die Weine dieser Art kein Bouquet.

486. **Versuch.** Wird Wein in eine Retorte gebracht und bei gelinder Erhitzung der Destillation unterworfen, so geht zuerst der Spiritus aus Wein.

Fig. 200.



flüchtigere Weingeist nebst dem Oenanthäther über. Man erhält auf diese Weise einen sehr angenehm riechenden Spiritus, welcher im Handel unter den Namen Cognac, Sprit oder Franzbranntwein bekannt ist. — In der Regel benutzt man in den Weinländern hiezu die beim Ziehen der Weine übrigbleibende Hefe, da diese in dem aufgequollenen breiartigen Zustande, wie sie sich in den Fässern ablagert, eine große Quantität von Wein mechanisch zurückhält.

## Bier.

487. Nächst dem Wein sind Bier und Branntwein die wichtigsten gegohrenen Getränke. Die Darstellung derselben unterscheidet sich von der des Weins wesentlich dadurch, daß hiezu Materialien angewendet werden, welche keinen fertig gebildeten Zucker, sondern statt dessen Stärkemehl enthalten, als: Gerste, Weizen, Roggen, Kartoffeln ꝛc. Das Stärkemehl kann nicht, wie der Zucker, direct in Weingeist und Kohlensäure zerfallen; um es zur Weingeistbereitung zu benutzen, muß es vorher in Zucker umgewandelt werden. Bier und Branntwein.

Dies geschieht in den vorliegenden Fällen immer durch die Diastase des Gerstenmalzes bei dem sogenannten Maischprocesse der Brauer und Branntweinbrenner (460.).

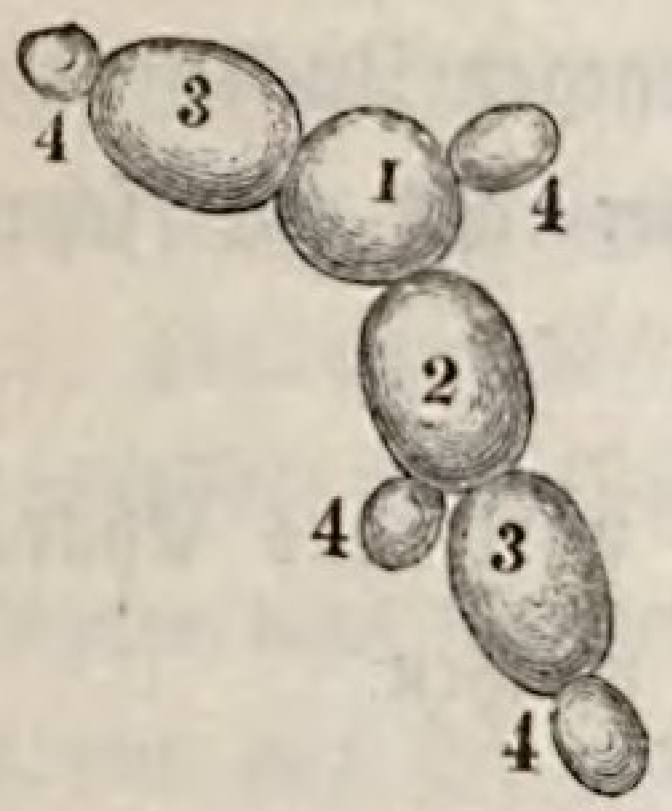
Bier. Versuch. 1 Loth zerquetschtes Malz wird mit einem Gemenge von 3 Loth kaltem Wasser und 4 Loth kochendem Wasser übergossen und einige Stunden an einen warmen Ort gestellt, wo es ungefähr eine Temperatur von 65—70° C. erlangt: man erhält eine süße Flüssigkeit, die aus Dextrin und Zucker besteht und in der sich zugleich der im Malz enthaltene Kleber, welcher hiebei auflöslich wird, befindet. Der Brauer nennt diese Flüssigkeit Würze. Man preßt sie durch ein Läppchen und kocht sie einige Zeit, bis sie klar und durchsichtig geworden ist, läßt sie dann bis 30° C. abkühlen und versetzt sie mit einem Theelöffel voll Hefe: sie wird bald in Gährung gerathen und nach einigen Tagen sich wieder klären; die klare, gegohrene Flüssigkeit ist Bier. Auf diese Weise bereitet man die nicht bitteren, sogenannten Weißbiere. Setzt man der Würze während des Kochens etwas Hopfen (Fruchtzapfen der Hopfenflanze) hinzu, so löst sich daraus ein aromatisch-bitterer Stoff (Lupulin) auf, der dem Bier nicht nur einen angenehmen und kräftigen Geschmack, sondern auch größere Haltbarkeit giebt.

Obergährung. 488. Was bei der erwähnten Gährung (Obergährung) besonders auffallen muß, das ist die große Menge von Hefe, welche sich dabei ausscheidet. Sie rührt von dem Kleber der Gerste her, der während des Maischprocesses aufgelöst, während des Gährungsprocesses aber, als unlösliche Hefe, wieder niedergeschlagen wird. Diese Hefe heißt Oberhefe, weil sie in Folge der starken Kohlensäureentwickelung in die Höhe gehoben, und wenn die Fässer voll sind, oben aus dem Spundloche ausgestoßen wird; sie ist das beste Ferment, und die hier erhaltene Menge reicht hin, um die Würze aus einem ganzen Pfunde Malz zur vollständigen Gährung zu bringen. Ihre gährungerregende Kraft geht verloren, wenn man sie scharf austrocknet, oder kocht, oder sehr fein zerreibt; ebenso durch Zusatz von Substanzen, die fäulnißwidrig wirken, z. B. von Weingeist, Holzessig, schwefliger Säure

(Marginal note at "heißt Oberhefe": Oberhefe.)

flüchtigen Oelen u. s. w. Unter dem Vergrößerungsglase hat die Oberhefe ganz die Gestalt von einfachen Pflanzenzellen; auch erfolgt ihre Vermehrung in der Würze auf dieselbe Weise, wie bei den einfachsten Pflanzen, so nämlich, daß sich an jedes Kügelchen der alten Hefe, welches eine Mutterzelle (1) darstellt, fortschreitend neue Generationen von Zellen oder Knospen (2, 3, 4 ꝛc.) ansetzen. Diese Kügelchen sind hohl und mit einer stickstoffhaltigen Flüssigkeit angefüllt, welcher die gährungerregende Kraft der Hefe zuzuschreiben ist. Oberhefe.

Fig. 201.




Das frische Bier enthält noch etwas Zucker und Kleber aufgelöst, es erfährt daher, ebenso wie der Wein, beim Aufbewahren eine zweite, schwache Gährung (Nachgährung). Läßt man diese in verstopften Flaschen vor sich gehen, so daß die Kohlensäure nicht entweichen kann, so erhält man, ähnlich wie bei der Champagnerbereitung, moussirendes Bier (Flaschenbier). Nachgährung

Aller Kleber wird aber auch durch die zweite Gährung nicht ausgeschieden, deshalb verändert sich das obergährige (leichte) Bier noch weiter, wenn es an der Luft stehen bleibt; jetzt ist es aber der Weingeist, der durch den in Zersetzung begriffenen eiweißartigen Stoff mit verändert wird; derselbe geht in Essig über und das Bier wird sauer (509).

489. **Versuch.** Wiederholt man den vorigen Versuch mit der Abänderung, daß man die Würze bis unter 10° C. abkühlt, ehe man Hefe zusetzt, und läßt man dann die Flüssigkeit an einem kühlen Orte stehen, so tritt eine sehr langsame Gährung ein, welche erst in einigen Wochen, ja Monaten, ihr Ende erreicht. Dabei entwickelt sich die Kohlensäure in sehr kleinen Bläschen und die Hefe lagert sich am Boden des Gefäßes ab (Untergährung, Unterhefe). Das so bereitete Bier enthält kaum noch eine Spur von Kleber oder Hefe und hält sich deshalb Jahre lang, ohne sauer zu werden; ferner ist dasselbe reicher an Kohlensäure als das durch Obergährung gewon- Untergährung

33

Untergährung. nene, weil es bei der niedrigen Temperatur und bei der allmäligen Entwickelung des kohlensauren Gases mehr davon zurückhalten konnte. Auf diese Weise stellt man allgemein die stärkeren Biersorten (baierische, Lager- oder untergährige Biere) dar. Die hiebei sich abscheidende dichte Unterhefe wirkt zwar auch gegen Zucker gährungerregend, aber viel langsamer und schwächer als die schaumige Oberhefe.

Vergleichung der Ober- und Untergährung.

490. Die nachstehende Zusammenstellung wird das Charakteristische der beiden Gährungsmethoden deutlicher machen.

| Obergährung: | Untergährung: |
|---|---|
| a) erfolgt bei höherer Temperatur (12—20°); | bei niedrigerer Temperatur (5—10°); |
| b) erfolgt schnell (in 3—4 Tagen); | langsam (in 6—8 Wochen); |
| c) dabei unvollständige Abscheidung der Hefe durch Ausstoßen; | dabei vollständige Abscheidung der Hefe durch Absetzen; |
| d) Oberhefe ist feinzertheilt und schaumig; | Unterhefe compact und schwerer; |
| e) Oberhefe ist stark Gährung erregend; | Unterhefe schwach Gährung erregend; |
| f) obergähriges Bier wird bald sauer; | untergähriges Bier nicht; |
| g) obergähriges Bier enthält weniger Kohlensäure; | untergähriges Bier mehr; |
| h) dient zur Darstellung schwacher Biere; | dient zur Darstellung starker Biere; |
| i) durch Erniedrigung der Temperatur kann die Obergährung in Untergährung verwandelt werden. | durch Erhöhung der Temperatur kann die Untergährung in Obergährung verwandelt werden. |

Bestandtheile der Biere.

Versuch. Man unterwerfe eine gewogene oder gemessene Menge Bier der Destillation (486.): es wird zuerst, nebst der Kohlensäure,

ein dünner Weingeist, zuletzt nur eine wässerige Flüssigkeit übergehen. Der noch flüssige Rückstand wird in eine Tasse gegossen und an einen warmen Ort gestellt; er trocknet zu einer braunen, amorphen Masse (Biere xtract) ein, die hauptsächlich aus Dextrin, Zucker und Hopfenbitter besteht. Bestimmt man die Stärke und Menge des erhaltenen Weingeistes und das Gewicht des gewonnenen Extractes, so hat man die zwei wichtigsten Factoren zur Bestimmung der Beschaffenheit und Güte eines Biers. Bestandtheile der Biere.

Unter dem Namen Bier- oder Getreidestein hat man neuerdings ein aus Bierwürze und Hopfen dargestelltes und zur Trockne eingekochtes Extract in den Handel gebracht, aus dem man sich durch Auflösen und Versetzen mit Hefe an jedem Orte schnell Bier erzeugen kann. Bierstein.

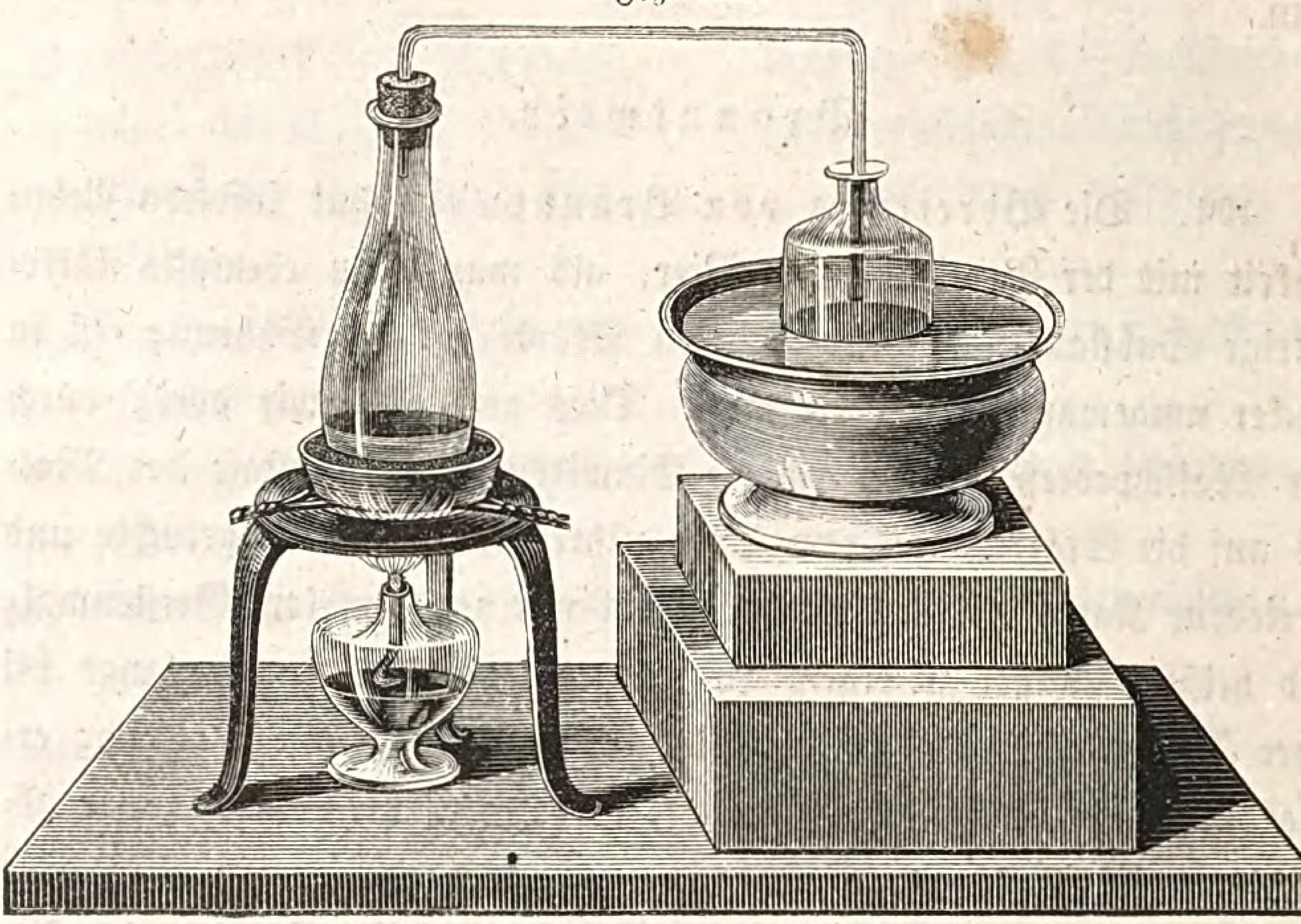
## Branntwein.

491. Die Bereitung von Branntwein hat insofern Aehnlichkeit mit der Bereitung von Bier, als man dazu ebenfalls stärkehaltige Substanzen anwendet, deren Stärke vor der Gährung erst in Zucker umgewandelt werden muß. Dies geschieht, wie dort, durch den Maischproceß, d. h. durch die Einwirkung der Diastase des Malzes auf die Stärke. Zu dem Ende rührt man entweder gekochte und zerriebene Kartoffeln oder Roggenschrot mit zerkleinertem Gerstenmalz und heißem Wasser zu einem Brei an und erhält diesen so lange bei einer Temperatur von 70° C., bis eine vollständige Zuckerbildung erfolgt ist; dann setzt man Bierhefe (Oberhefe) zu der süßen, zuvor abgekühlten Maischflüssigkeit, wodurch sie in Gährung geräth. Ist diese beendigt, so bringt man die Masse in eine kupferne Blase und destillirt den flüchtigen Weingeist von den nicht flüchtigen Theilen ab. Was zurückbleibt, ist ein Gemenge von Hülsen, Faserstoff, Kleber, Stärke, Dextrin, Zucker, Milchsäure rc., und wird unter dem Namen Schlempe oder Branntweinspülicht als ein äußerst nahrhaftes Futtermittel benutzt. In früherer Zeit wendete man zu dieser Destillation einfache Destillirblasen an und erhielt einen dünnen Wein- Branntweinbereitung.

Branntwein-bereitung. geist (Branntwein oder Lutter), der ungefähr aus ⅓ Weingeist und ⅔ Wasser bestand; jetzt aber sind allgemein zusammengesetzte Brennapparate im Gebrauch, mittelst deren man einen noch einmal so starken Weingeist gewinnt (rectificirter Weingeist). Die Principien, worauf diese Apparate beruhen, werden durch folgende Versuche klar werden.

Einfache Rectification. 492. **Rectification oder Verstärkung des Branntweins. Versuch.** Man bringe 6 Loth gewöhnlichen Branntwein in ein geräumiges Kochfläschchen und destillire behutsam die Hälfte davon in ein Glas über, welches durch sehr kaltes Wasser, besser noch durch Schnee abgekühlt wird. Hatte der Branntwein 30°, so werden

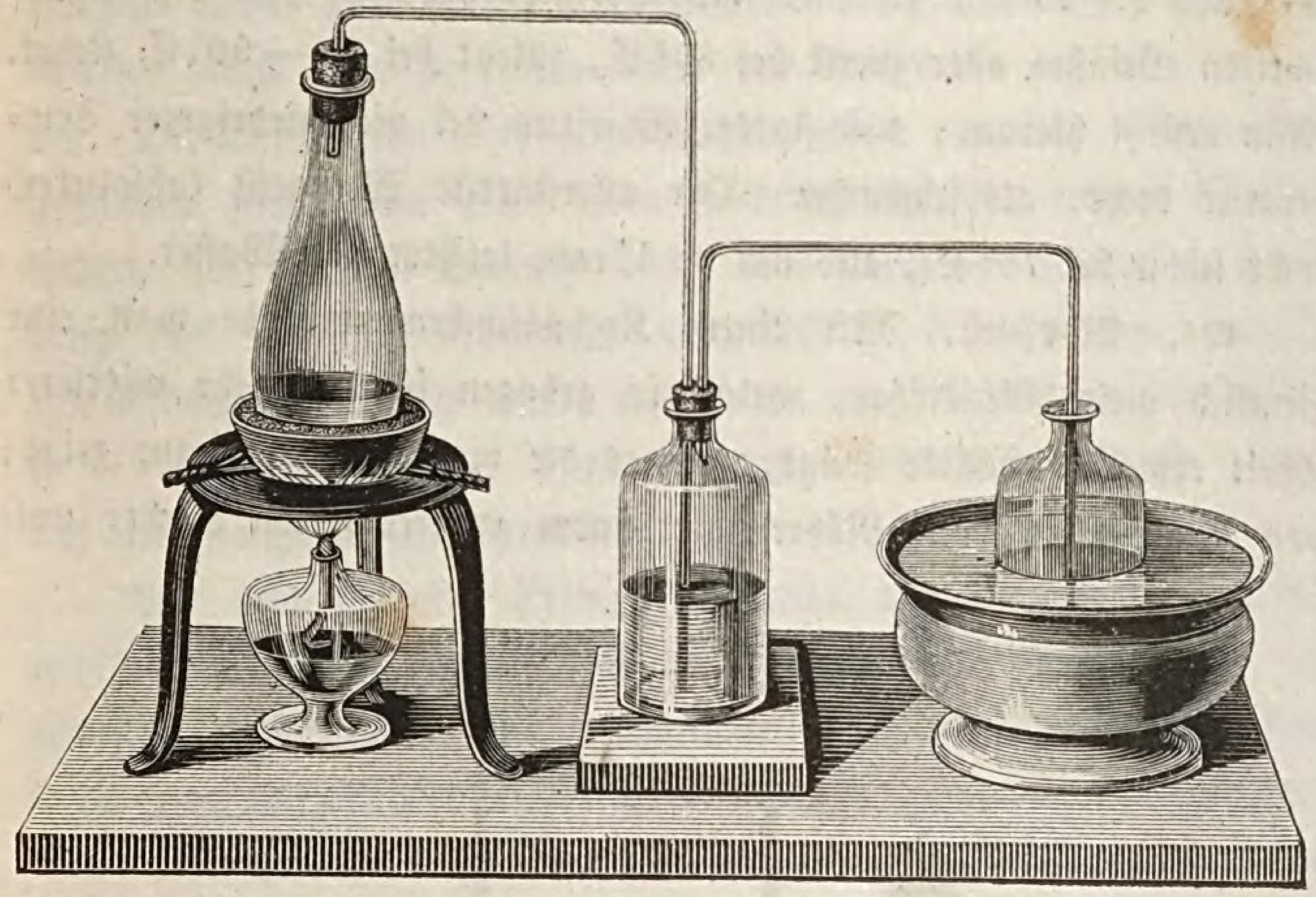
Fig. 202.



die zuerst übergehenden 3 Loth Weingeist wenigstens 50° zeigen. Der Weingeist ist **flüchtiger** als Wasser, er destillirt daher, in Gemeinschaft mit einer geringeren Quantität von letzterem, zuerst über, während die größere Quantität des Wassers nebst dem im Branntwein etwa enthaltenen Fuselöle, in dem Kochfläschchen zurückbleibt (Phlegma).

493 Versuch. Bringt man mit dem Kochfläschchen und der Vorlage ein Zwischengefäß, z. B. ein größeres Opodeldocglas, in Doppelte Rectification.

Fig. 203.



Verbindung, was mittelst zweier rechtwinkelig gebogener Glasröhren und eines doppelt durchbohrten Korkes leicht zu bewerkstelligen ist, und wiederholt man dann den eben beschriebenen Destillationsversuch, so verdichten sich die übergehenden Weingeistdämpfe zuerst in dem Mittelgefäße. Da dieses Gefäß nicht abgekühlt wird, so geräth die darin condensirte Flüssigkeit endlich auch in's Kochen, und die hiebei sich bildenden Dämpfe strömen in die mit kaltem Wasser umgebene Vorlage und verdichten sich darin zum zweiten Male. Man bewirkt also auf diese Weise eine doppelte Destillation (Rectification). In dem Kochfläschchen ist kochender Branntwein (von 30°); in dem Zwischenglase kochender rectificirter Weingeist (von ungefähr 50°). Nach Beendigung des Versuches findet man in dem ersten Gefäße Phlegma, in dem zweiten schwachen Weingeist, in dem dritten Gefäße sehr starken, höchstrectificirten Weingeist, sogenannten Alkohol (von 70 — 80°).

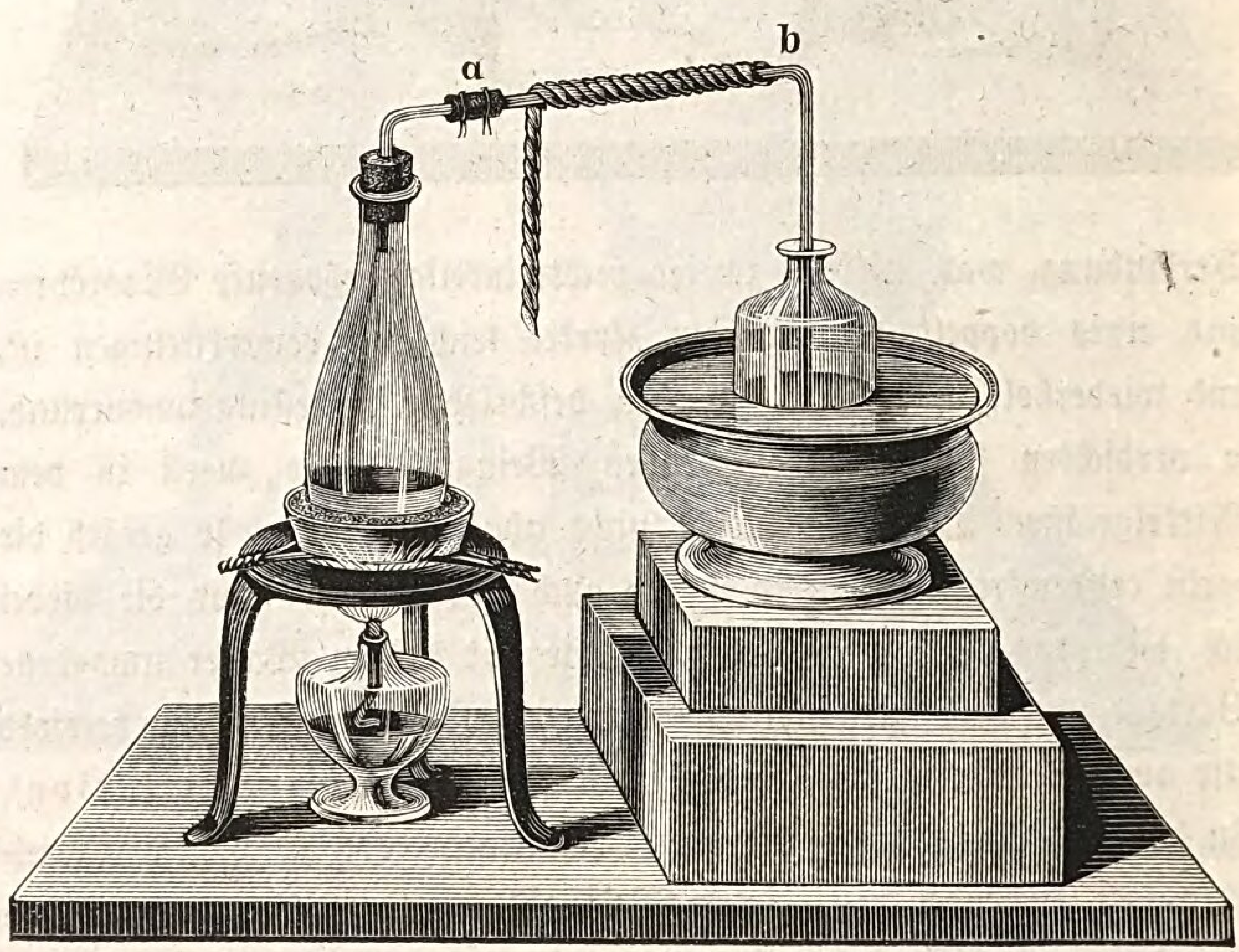
Kochpunkt des Weingeistes.

Befestigte man in den Korken der beiden ersten Gefäße ein Paar Thermometer, die bis in die Flüssigkeit hinabreichen, so würde man finden, daß die Flüssigkeit in dem Kochfläschchen zu Anfange des Versuchs bei 85° C., zu Ende des Versuchs bei 95—100° C., die des zweiten Gefäßes aber zuerst bei 80° C., zuletzt bei 85—90° C. siedet. Man ersieht hieraus, daß starker Spiritus bei viel niedrigerer Temperatur kocht, als schwacher. Der allerstärkste Weingeist (absoluter) kocht schon bei 78° C., also um 22 Grade leichter als Wasser.

Rectification durch theilweise Abkühlung.

494. **Versuch.** Mit einem Kochfläschchen verbinde man eine ziemlich weite Glasröhre, welche so gebogen ist, daß ihr mittlerer Theil etwas aufwärts steigt, wie es die hier folgende Figur zeigt; von *b* an wird diese Röhre mit einem angefeuchteten Dochte um-

Fig. 204.

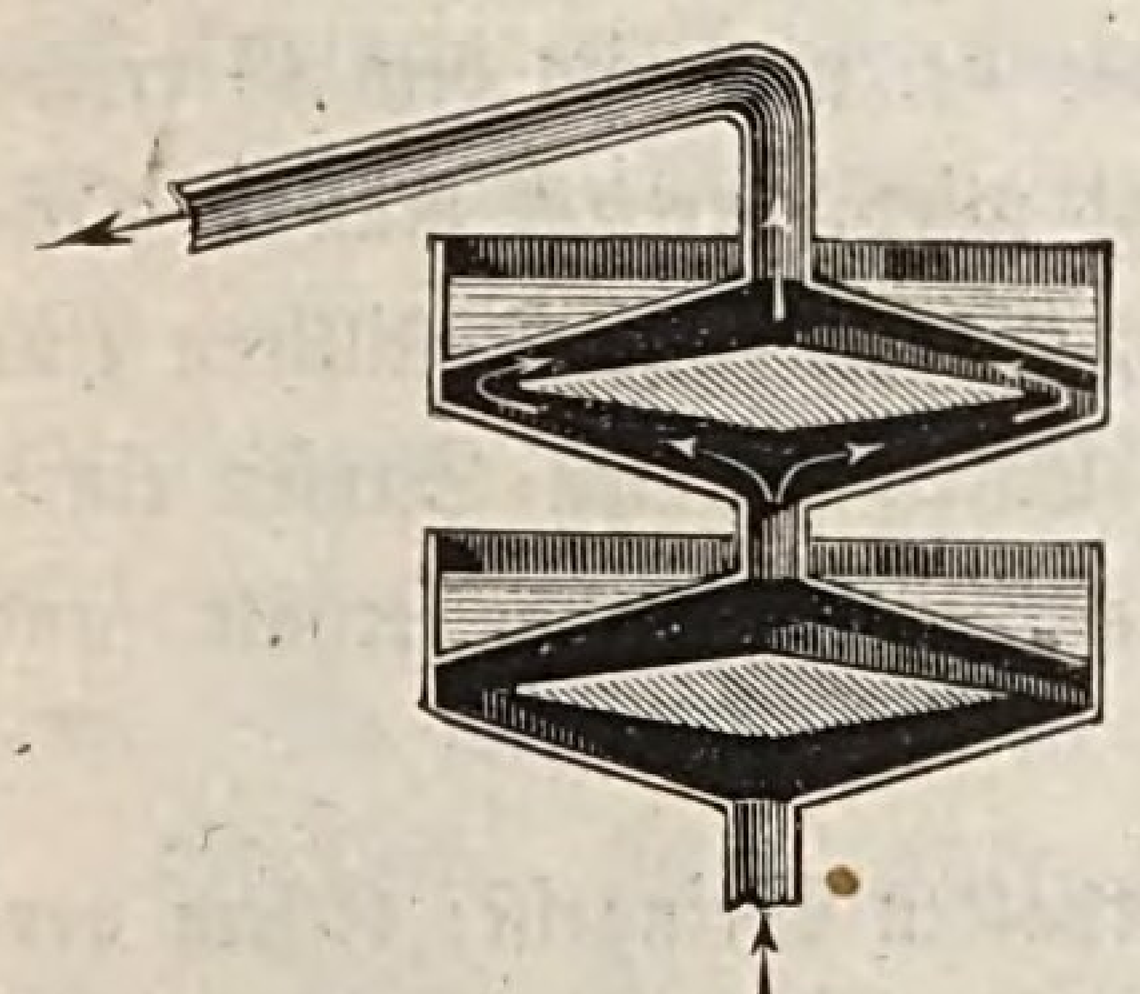



wickelt, dessen Ende bei *a* herabhängt. Bei *a* binde man einen mehrfach zusammengelegten und mit einigen Tropfen Baumöl eingeriebenen Tuchstreifen fest, damit das Wasser aus dem Dochte nicht auf das

Kochfläschchen herablaufe. Nun destillire man, wie früher, 6 Loth Branntwein, tröpfle aber während der Destillation fortwährend kaltes Wasser bei $b$ auf den Docht, um dadurch den Branntweindampf unterwegs etwas abzukühlen. Das während des Herablaufens erwärmte Wasser fängt man in einem unter das Dochtende gestellten Gefäße auf. Die Destillation wird unterbrochen, wenn ungefähr 2 Loth übergegangen sind; man wird einen stärkeren Spiritus in der Vorlage haben, als bei dem Versuche 492., weil durch die theilweise Abkühlung des Branntweindampfes hauptsächlich der schwerer flüchtige Wasserdampf verdichtet wurde und daher ein weingeistreicherer Dampf in die Vorlage gelangte. Das unterwegs verdichtete Wasser ist in das Kochfläschchen zurückgeflossen. Rectification durch theilweise Abkühlung.

Mit dem schönsten Erfolge hat man das Princip der theilweisen Abkühlung auf die Destillation des Branntweins im Großen angewendet. Der bekannteste hiezu dienende Apparat wird Beckenapparat oder Dephlegmator genannt und ist so eingerichtet, Beckenapparat.

Fig. 205.



daß die aus der Destillirblase aufsteigenden heißen Dämpfe zuvor durch mehre kupferne Kapseln, die in der Mitte eine Scheidewand haben und äußerlich durch darauf fließendes Wasser kalt gehalten werden, hindurch gehen muß, ehe er in das Kühlfaß gelangt. Man erhält auf diese Weise 70- bis 80grädigen Spiritus, während man durch eine einfache Destillirblase nur einen schwachen Spiritus von 30° erhalten würde.

495. **Fuselöl.** Durch die gedachten Rectificationen wird der Weingeist nicht nur stärker, sondern auch reiner. Neben dem Weingeist bildet sich aus dem Getreide und den Kartoffeln bei der Gährung auch eine ölähnliche, unangenehm riechende Flüssigkeit, das sogenannte Fuselöl (Fuselgeist); außerdem auch etwas Essig. Beide sind schwerer flüchtig als Weingeist und werden daher bei der letztgedachten Rectification Fuselöl im Weingeist.

Fuselöl im Weingeist. mit dem zurückfließenden Wasser zum größten Theile verdichtet. Was man, wie oben erwähnt, Phlegma nennt, ist hienach ein Gemisch von Wasser mit etwas Weingeist, Fuselöl und Essig. Vollständig von dem Fuselöle reinigen läßt sich der Weingeist dadurch, daß man ihn mit frisch ausgeglühter Holzkohle einige Zeit stehen läßt und dann abfiltrirt, oder besser abdestillirt; das Fuselöl bleibt hiebei in den Poren der Kohle zurück (105.). Noch vortheilhafter ist's, die Weingeistdämpfe vor ihrer Verdichtung bei der Destillation durch einen über dem Beckenapparate angebrachten, mit Holzkohle gefüllten Cylinder streichen zu lassen.

Fuselgeist. Die genauere Untersuchung des Fuselöls hat ergeben, daß es in gereinigtem Zustande nicht eine Oelart, sondern vielmehr eine Alkoholart ist (Amylalkohol oder Amyloxydhydrat), die in ihrer Zusammensetzung und ihren Verbindungen sich dem Weingeist und Holzgeist ganz ähnlich verhält und daher richtiger Fuselgeist genannt werden sollte. Sie ist brennbar wie diese, schwimmt auf Wasser, ohne sich darin zu lösen, und hat einen widrigen, erstickenden Geruch und einen brennenden Geschmack (519.).

Arrak. 496. Auf eine ähnliche Weise, wie bei uns aus dem Getreide und den Kartoffeln Branntwein gebrannt wird, bereitet man in Ostindien aus dem Reis durch Einmaischen, Gähren und Destilliren eine geistige Flüssigkeit, die durch Zusatz von Catechupalmen-Samen einen eigenthümlichen, rumähnlichen Geschmack und Geruch erhält und Arrak genannt wird.

Weingeistgehalt in Bier, Wein ꝛc. 497. Alle gegohrenen Getränke enthalten Weingeist; diesem verdanken sie ihre berauschende Kraft. Wie groß die Menge ist, die sich davon in den bekanntesten geistigen Getränken findet, wird sich aus folgender Zusammenstellung ergeben:

| | Reiner Weingeist. |
|---|---|
| In 100 Maaß von gewöhnlichem Bier sind enthalten: | 1½ — 2 Mß.; |
| » » » Lagerbier . . . . . . . . . . . . | 3 — 5 » |
| » » » Porter oder Ale . . . . . . . | 6 — 8 » |
| » » » Wein . . . . . . . . . . . . . | 10 — 15 » |
| » » » Madeirawein . . . . . . . . | 18 — 24 » |

Weingeistgehalt in Bier, Wein etc.

| | Reiner Weingeist. |
|---|---|
| In 100 Mß. Branntwein u. Franzbranntw. sind enthalt. | 40 — 45 Mß.; |
| » » » Liqueur . . . . . . . . . . . | 45 — 50 » |
| » » » Rum oder Arrak . . . . . . . . | 50 — 60 » |
| » » » rectificirtem Weingeist . . . . . . | 60 — 70 » |
| » » » Sprit . . . . . . . . . . . | 70 — 75 » |
| » » » höchstrectific. Weingeist oder Alkohol . | 86 — 90 » |

## Weingeist oder Alkohol (Aethylalkohol, $C_4 H_6 O_2$).

498. **Wasserfreier Weingeist.** Die Gährung des Zuckers ist bis jetzt der einzige Weg, auf dem wir Weingeist erzeugen können. Wie der gebildete Weingeist abgeschieden, wie er verstärkt, wie er gereinigt wird, davon ist schon in den vorigen Abschnitten die Rede gewesen. Dies geschieht durch partielle Destillation oder durch partielle Abkühlung, da der Weingeist leichter zu verflüchtigen, der Weingeistdampf aber schwerer zu verdichten ist als Wasser oder Wasserdampf. Alles Wasser läßt sich indessen auf diese Weise nicht von dem Weingeist trennen, weil der Weingeist $^1/_{10}$ Wasser so fest hält, daß es ihm weder durch Destillation noch durch Abkühlung entzogen werden kann. Um ihn ganz wasserfrei zu erhalten, muß man einen Körper hinzubringen, der größere Affinität zu dem Wasser hat und dieses so fixirt, daß es beim Siedepunkte des Weingeistes nicht mit verdampfen kann. Ein solcher Körper ist der gebrannte Kalk. Absoluter Weingeist

**Versuch.** Man schütte in ein Kochfläschchen 2 Loth gebrannten und in kleine Stücken zerklopften **Kalk** und darauf 2 Loth ganz starken **Alkohol**, verbinde mit dem Fläschchen, wie bei dem Rectificationsversuch 492., eine Vorlage und lasse das Gemenge einen Tag lang ruhig stehen. Der Kalk verbindet sich allmälig mit dem Wasser des Alkohols (er löscht sich), und man erhält den letzteren wasserfrei, wenn man ihn bei gelinder Wärme, am besten im Wasserbade (149.), abdestillirt. Der **wasserfreie** Weingeist führt auch den Namen: **absoluter Weingeist** oder **Alkohol**. Man darf bei diesem Versuche die anzuwendenden Gefäße nicht etwa vorher mit Wasser

Absoluter Weingeist. ausspülen, sondern dies muß mit starkem Weingeist geschehen, weil außerdem die in den ersteren hängenbleibende Feuchtigkeit den wasserfreien Alkohol wieder zu wasserhaltigem machen würde.

Eigenschaften des Weingeistes. 499. Eigenschaften des Alkohols. Der Alkohol hat einen brennenden Geschmack und einen durchdringenden, angenehmen Geruch. Starker Weingeist, voraus absoluter, wirkt giftig, wenn er verschluckt wird; der verdünnte dagegen wirkt, wie bekannt, belebend und berauschend.

Weingeist in der Kälte. Der starke Weingeist ist bis jetzt noch nie, selbst nicht durch eine Kälte von — 100° C., zum Gefrieren gebracht worden; er eignet sich deshalb vortrefflich zur Anfertigung von Thermometern, mit denen hohe Kältegrade gemessen werden sollen. Ebenso leistet er aus diesem Grunde bei der Gasbeleuchtung gute Dienste, um zur Winterszeit das Gefrieren des in den Gasleitungsröhren sich absetzenden Wassers, und somit das Verstopfen dieser Röhren, zu verhindern. Man läßt nämlich das aus den Gasometern kommende Leuchtgas durch Alkohol streichen ehe es weiter fortgeleitet wird, wodurch dem Gase einerseits Wasserdämpfe entzogen, anderseits Weingeistdämpfe mitgetheilt werden. Die sich nunmehr in den Röhren verdichtende Flüssigkeit enthält so viel Weingeist, daß sie bei der Kälte unserer Winter nicht gefriert.

Weingeist in der Wärme. Wird gewöhnlicher Weingeist in einem offenen Gefäße hingestellt, so verdunstet der Weingeist schneller als das dabei befindliche Wasser. Starker Weingeist vermag auch Feuchtigkeit aus der Luft anzuziehen. Hieraus erklärt es sich, warum alle geistigen Flüssigkeiten in unverstopften Gefäßen schwächer und wasserreicher werden müssen. Durch die Spirituslampen wird der Anfänger oft genug an diesen Vorgang erinnert: sie wollen nicht anbrennen wenn sie einige Zeit ohne Kapsel an der Luft gestanden haben. Warum nicht? Der Spiritus aus dem Dochte ist verflogen, das Phlegma darin zurückgeblieben.

Verbrennen des Weingeistes. Von dem Kochen und Verdampfen des Weingeistes ist schon bei 493. und 494., von dem Verbrennen desselben aber bei 121.

die Rede gewesen. Der Weingeist enthält so wenig Kohlenstoff, daß bei seiner Verbrennung kein Ruß ausgeschieden wird; deshalb leuchtet auch die Weingeistflamme nur schwach. Die geeignetste Stärke für den Brennspiritus ist die von 75° bis 80° Tralles; wendet man ihn schwächer an, so verdampft nicht alles Wasser während des Verbrennens und es bleibt Phlegma übrig.

Verbrennen des Weingeistes.

500. Mit dem Wasser läßt sich der Weingeist in jedem Verhältnisse vermischen, und er wird in dem Maaße specifisch schwerer, als er mehr Wasser enthält; man hat daher in dem specifischen Gewichte ein sehr einfaches und zugleich sicheres Kennzeichen für die größere oder geringere Stärke des Weingeistes. Am bequemsten ermittelt man diese durch das Aräometer (Alkoholometer, Spirituswage). Der absolute Weingeist hat ein specifisches Gewicht von 0,792, d. h. ein Gefäß, in welches 1000 Gr. Wasser gehen, wird schon von 792 Gr. absoluten Weingeistes vollgefüllt; er ist also ungefähr um $\frac{1}{5}$ leichter als Wasser. In diesem Weingeist sinkt das Weingeistaräometer bis zur obersten Spitze der Scala, bis zu 100°, ein, während es in reinem Wasser bis zu dem unteren Anfange der Scala, der mit 0 bezeichnet ist, emporsteigt (16.). Die bekanntesten bei uns gebräuchlichen Scalen sind die von Tralles und Richter, die sehr stark von einander abweichen, weil Tralles die Mischungen von Weingeist und Wasser, aus denen er die Grade bestimmte, dem Maaße oder Volumen nach, Richter aber dem Gewichte nach machte. Der Erstere z. B. nannte einen Weingeist 50grädig, welchen er aus 1 Maaß absolutem Weingeist und 1 Maaß Wasser mischte; der Letztere aber gab diese Zahl einem Gemische, welches er sich aus 1 Pfund absolutem Weingeist und 1 Pfund Wasser darstellte. In der zuletzt gedachten Mischung muß natürlich mehr Weingeist sein als in der ersteren, weil 1 Pfund Weingeist ein größeres Volumen einnimmt als 1 Pfund Wasser, und es erklärt sich hieraus, warum ein und

Weingeist und Wasser.

Fig. 206.



Weingeist und Wasser. derselbe Weingeist an der Tralles'schen Senkwage mehr Grade zeigt, also stärker scheint, als an der Richter'schen. Der letzteren sehr nahe steht die Stopani'sche Wage, die früher häufig im Gebrauche war. Ueber den Einfluß der Temperatur auf das specifische Gewicht s. 17.

Verdichtung beim Vermischen von Weingeist mit Wasser. Mischt man 50 Maaß Weingeist und 50 Maaß Wasser, so erhält man nicht 100 Maaß, sondern nur ungefähr 97; es findet also hiebei, ebenso wie beim Vermischen der Schwefelsäure mit Wasser (173 c.), eine **Verdichtung** Statt. Hieraus erklärt sich die Erwärmung, welche man wahrnimmt, wenn Wasser und Weingeist gemischt werden. Für die Kaufleute, die sich jetzt häufig den Branntwein durch Verdünnung von starkem Spiritus mit Wasser darstellen, ist die Kenntniß dieser Thatsache von ökonomischer Wichtigkeit, da diese Flüssigkeit gewöhnlich dem Maaße nach verkauft wird.

Weingeist löst viele Stoffe auf. 501. Der Weingeist ist, wie das Wasser, ein **Lösungsmittel** für viele Stoffe, und zwar löst er nicht nur manche Stoffe auf, die auch im Wasser löslich sind, z. B. Gerbstoff, Zucker ꝛc., sondern auch manche andere, die sich im Wasser nicht oder kaum lösen, z. B. Harze, flüchtige Oele ꝛc.

Galläpfeltinctur. **Versuch.** Man übergieße in einem Gläschen 1 Quentchen zerklopfte Galläpfel mit 2 Loth Wasser, in einem anderen eben so viel Galläpfel mit 2 Loth Weingeist, überbinde beide Gläser mit feuchter Blase, in die man mit einer Stecknadel einige Löcher sticht, und stelle sie einige Tage an einen warmen Ort (Digestion). Man erhält in beiden Fällen eine dunkelgefärbte, sehr zusammenziehend schmeckende Flüssigkeit (**Tinctur**), die durch Filtriren geklärt wird. Was sich darin aufgelöst hat, ist ein eigenthümlicher Stoff der Galläpfel, der

Weingeist hindert Fäulniß. Gerbstoff oder Gerbsäure heißt. Bei längerer Aufbewahrung wird die wässerige Tinctur unter Bildung von Schimmelpflanzen sich zersetzen, die geistige aber nicht, weil der Weingeist die Fähigkeit hat, das Eintreten der Fäulniß zu verhindern. Dieser Fähigkeit wegen wendet man den Weingeist auch zur Conservirung von anatomischen Präparaten und zoologischen Naturalien an.

**Versuch.** Auf die eben angegebene Weise bereite man sich aus

1 Quentchen zerstoßener Zimmtrinde und Wasser einen Auszug oder eine Tinctur. Man erhält eine schwach gefärbte Flüssigkeit, die, auf einem warmen Ofen verdampft, ein fast geschmackloses Gummi hinterläßt, welches sich durch zugegossenes Wasser leicht wieder auflöst. Der übrig gebliebene Zimmt wird nun mit Weingeist übergossen und einige Tage damit digerirt; man wird eine dunkelbraune, feurig, gewürzhaft und zusammenziehend schmeckende Tinctur (Zimmttinctur) erhalten. Dampft man von dieser etwas zur Trockne ab, so bleibt eine braune, glänzende Masse (Harz) zurück, die sich nicht im Wasser, wohl aber im Weingeist wieder auflöst. Außer mehren anderen Stoffen hat also das Wasser hauptsächlich Gummi, der Weingeist hauptsächlich Harz (und flüchtiges Oel) aus der Zimmtrinde aufgelöst. Zimmttinctur.

Diese Beispiele werden genügen, um anzudeuten, wie mannichfach der Weingeist als Auflösungs- und Conservationsmittel benutzt werden kann. Von den damit bewirkten Auflösungen sind die bekanntesten:

a) die Tincturen der Pharmacie, geistige Auszüge von medicinischen Kräutern, Wurzeln, Rinden rc.; Weingeisthaltige Handelsartikel.

b) die Lackfirnisse, Auflösungen von Harzen in Weingeist;

c) die sogenannten wohlriechenden Wasser, z. B. Eau de Cologne, Auflösungen von flüchtigen Oelen in Weingeist;

d) die Liqueure, mit Zucker versüßte Auflösungen von flüchtigen Oelen (Kümmelöl, Pfeffermünzöl rc.) oder von bitteren und aromatischen Stoffen (Calmuswurzel, Nelken, Pomeranzen rc.) in Weingeist.

Zwei andere, dem Weingeist (Aethylalkohol) sehr ähnliche Flüssigkeiten sind: Holzgeist (Methylalkohol) (439.) und Fuselgeist (Amylalkohol) (495.).

Von den vielfachen Veränderungen, die der Weingeist erleiden kann, sind besonders zwei wichtig geworden, nämlich seine Umwandlung in Aether und Essig. Veränderungen des Weingeistes.

---

## VII. Verwandlung des Weingeistes in Aether.

Weingeist und viel Schwefelsäure.

502. Elaylgas ($C_4H_4$). Versuch. Zu 1 Loth starken Weingeistes werden ganz allmälig und unter stetem Umrühren (s. 84.) 4 Loth englische Schwefelsäure gemischt; die Erhitzung, welche bei dem Zusammenkommen dieser zwei Flüssigkeiten entsteht, ist noch größer als die bei dem Vermischen von Schwefelsäure mit Wasser. Wenn das Gemenge erkaltet ist, gießt man es in ein Kochfläschchen, schüttet so viel Sand hinzu, daß kaum noch etwas Flüssiges zu bemerken ist, und erhitzt das Gefäß in einem Sandbade (s. Fig. 85): es entwickelt sich eine Luftart, die man auf die bekannte Weise in mit Wasser gefüllten Flaschen auffängt. Durch den Sandzusatz verhindert man das sonst leicht eintretende Aufblähen und Uebersteigen der flüssigen Masse. Man zünde das in einer Flasche befindliche Gas an und gieße schnell Wasser hinzu: es brennt mit stark leuchtender Flamme; es ist Leuchtgas ($C_4H_4$), das sich aus dem Weingeist gebildet hat. Der Weingeist zerfällt in Leuchtgas und Wasser, welches letztere sich mit der zurückbleibenden Schwefelsäure vereinigt:

Fig. 207.

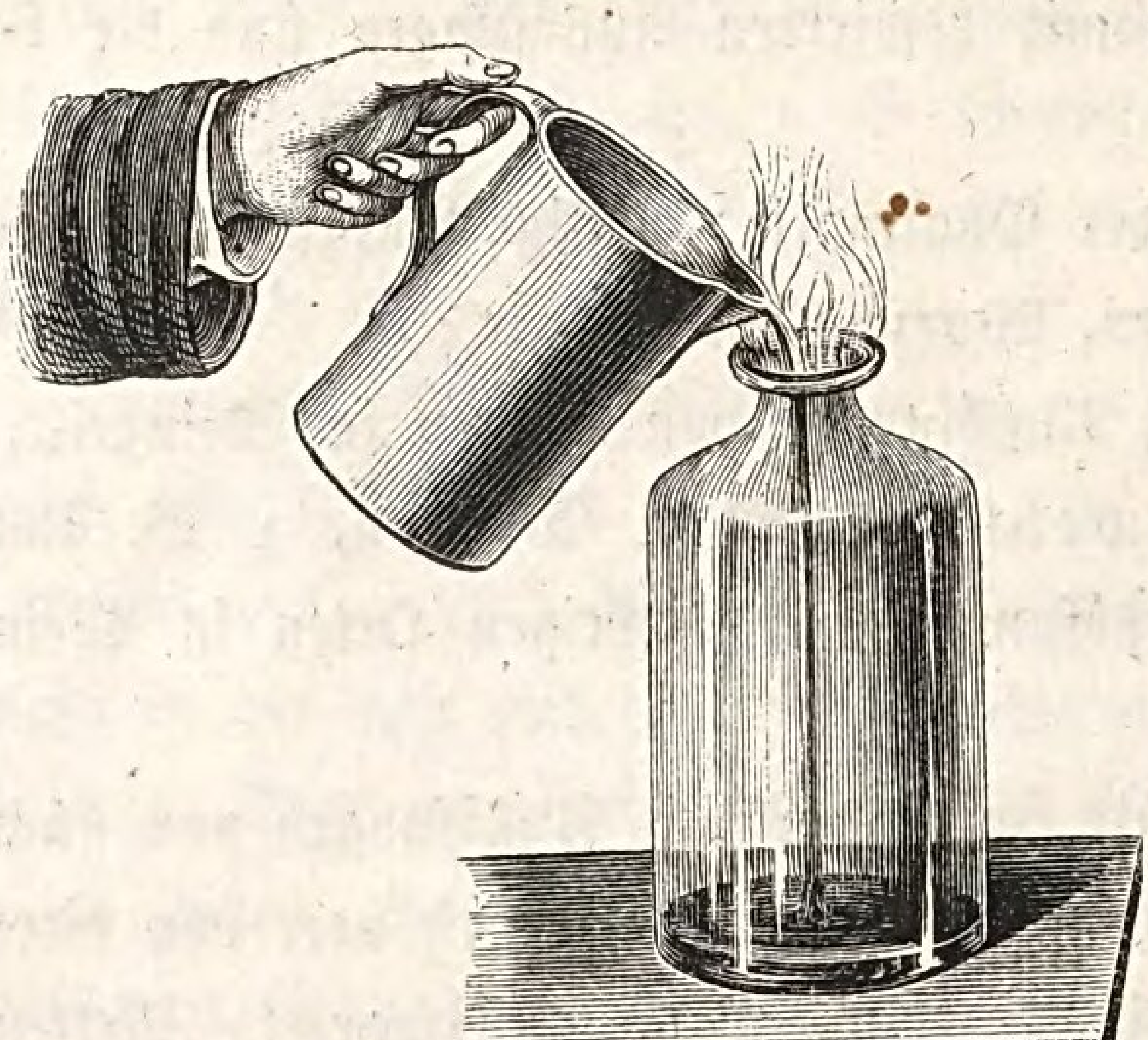
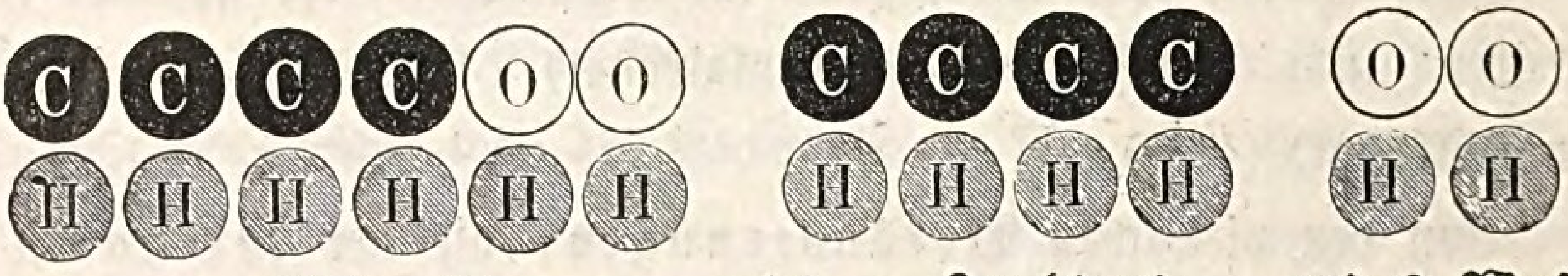


Fig. 208.




aus Weingeist wird Leuchtgas und 2 Wasser.

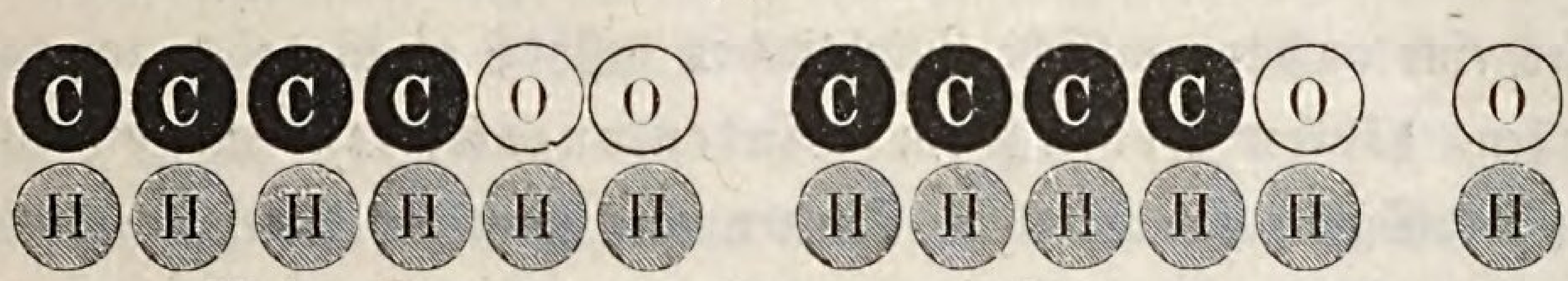
Außerdem bildet sich hiebei, besonders zu Ende der Gasentwicklung, auch noch schweflige Säure und Kohlensäure, von denen man

die erstere leicht durch den Geruch wahrnehmen kann; sie entstehen, weil der Kohlenstoff von einem Antheile Alkohol zersetzend auf einen Antheil Schwefelsäure wirkt und der letzteren Sauerstoff entzieht. Um das Leuchtgas von diesen beiden flüchtigen Säuren zu reinigen, braucht man es nur durch Kalkmilch zu leiten, ehe man es auffängt. Weingeist und viel Schwefelsäure.

Das so gewonnene Leuchtgas hat den Namen Elaylgas oder ölbildendes Gas erhalten, weil es sich mit Chlorgas zu einer ätherartigen, wie Oel in Wasser unlöslichen Flüssigkeit verdichtet.

503. Aetherschwefelsäure. Versuch. Man vermische 2 Loth starken Alkohol mit 2 Loth englischer Schwefelsäure, diesmal aber ohne Abkühlung des Gefäßes durch kaltes Wasser, da durch die Erhitzung des Gemisches die hier beabsichtigte chemische Veränderung befördert wird. Daß eine solche wirklich vorgegangen, erkennt man schon an dem eigenthümlichen, vom Weingeist verschiedenen Geruche und der veränderten (bräunlichen) Farbe der Flüssigkeit. Die Veränderung, die ein Theil des Weingeistes hiebei erleidet, ist folgende: Weingeist und weniger Schwefelsäure.

Fig. 209.




aus Weingeist wird Aether (Aethyloxyd) und 1 Wasser.

Während bei dem vorigen Versuche durch eine überwiegende Menge von Schwefelsäure 2 Atome Sauerstoff und 2 Atome Wasserstoff aus dem Weingeist abgeschieden wurden, verliert derselbe hier nur halb so viel von diesen beiden Elementen, nämlich von jedem 1 Atom, die zu Wasser zusammentreten. Aus dem Weingeist ($C_4H_6O_2$) entsteht dadurch ein neuer Körper ($C_4H_5O$), der den Namen Aethyloxyd (AeO) erhalten hat, weil er im Stande ist, sich, gleich einer Basis, mit Säuren zu verbinden. Da er jedoch keine basischen Eigenschaften besitzt, auch die Schwefelsäure nicht neutralisirt, so sieht man ihn als einen Paarling an (434.), der sich innig mit der vorhandenen Schwefelsäure zu Aetherschwefelsäure, auch zweifach schwefelsaures

Aethyloryd ($AeO, 2SO_3 + HO$) genannt, verbindet. Sonst nannte man diese Verbindung, die in dem Elix. acid. Hall. und der Mixt. sulph. acid. der Apotheken enthalten ist, Schwefelweinsäure.

Aethyloryd oder Aether. 504. Aether ($C_4H_5O$ oder $AeO$). Wird die Aetherschwefelsäure enthaltende Flüssigkeit des vorigen Versuches erhitzt, so zerfällt sie in Aethyloryd (Aether), Wasser und Schwefelsäure.

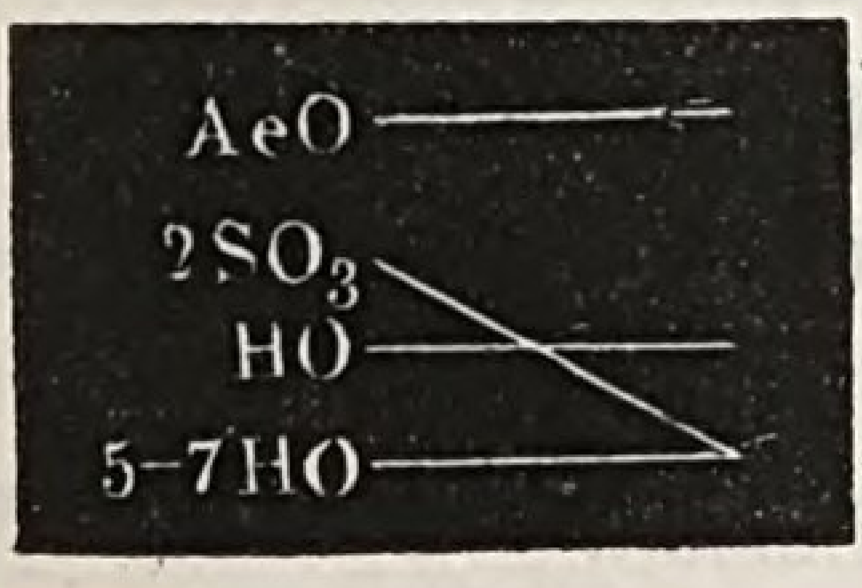
Versuch. Man bringe das aus Alkohol und Schwefelsäure dargestellte Gemisch in ein mit einer Glasröhre und einer Vorlage verbundenes Kochfläschchen (s. Fig. 95), verschließe die zwischen dem Halse der Vorlage und der Glasröhre gebliebene Oeffnung durch Umwickeln mit feuchter Blase, in die einige feine Löcher gestochen werden, und erhitze das Kochfläschchen behutsam in einem Sandbade, bis der Inhalt desselben in wallende Bewegung geräth. Das Kochen der Flüssigkeit wird so lange unterhalten, bis ungefähr 1 bis höchstens 1½ Loth Flüssigkeit überdestillirt sind. Unerläßlich nothwendig ist bei diesem Versuche eine sehr gute Abkühlung des Destillates, weil dieses eine außerordentliche Flüchtigkeit besitzt; es ist daher am rathsamsten, diesen Versuch im Winter anzustellen und die Vorlage mit Schnee zu umgeben. Ferner muß man sich hüten, den übergehenden Dämpfen oder der übergegangenen Flüssigkeit mit brennenden Körpern zu nahe zu kommen, da beide sich mit großer Leichtigkeit entzünden. Die überdestillirte farblose Flüssigkeit besitzt einen durchdringenden, angenehmen Geruch; sie heißt roher Aether.

Reinigung des Aethers. Um diesen zu reinigen, schüttelt man ihn in einem kleinen Gläschen mit 1 Loth Wasser und 1 Quentchen Kalilauge durch einander, verstöpselt das Gefäß und stellt es eine Stunde lang verkehrt bei Seite, so daß der Stöpsel nach unten kommt. Der rohe Aether enthält Beimengungen von Wasser, Weingeist, oft auch, namentlich wenn die Destillation zu lange fortgesetzt wurde, von schwefliger Säure; diese Stoffe treten an das zugesetzte Wasser und Kali und bilden damit die schwerere Flüssigkeitsschicht, die sich in dem

Gläschen zu unterst absetzt. Die auf dieser schwimmende, sehr dünne und leicht bewegliche Flüssigkeit ist **Aether**, welcher sich ausscheidet, weil er sich gegen Wasser ähnlich wie Oel verhält und von diesem nur in sehr geringer Menge aufgelöst wird. Lüftet man nun den Stöpsel des umgekehrten Gläschens ein wenig, so kann man die wässerige Flüssigkeit herauslaufen lassen, den Aether aber zurückhalten. Soll der letztere ganz rein werden, so muß man ihn noch einmal destilliren oder rectificiren. *Reinigung des Aethers.*

Im Großen stellt man den Aether am vortheilhaftesten auf die Weise dar, daß man zu einer Mischung aus 9 Pfund Schwefelsäure und 5 Pfund Alkohol während des Kochens allmälig immer so viel Alkohol hinzutröpfeln läßt, als Aether überdestillirt. Ein einziges Pfund Schwefelsäure reicht dann hin, um nach und nach über 30 Pfund Alkohol von 90°, von absolutem Weingeist aber unbegrenzte Mengen, in Aether umzuwandeln. *Aetherbereitung im Großen.*

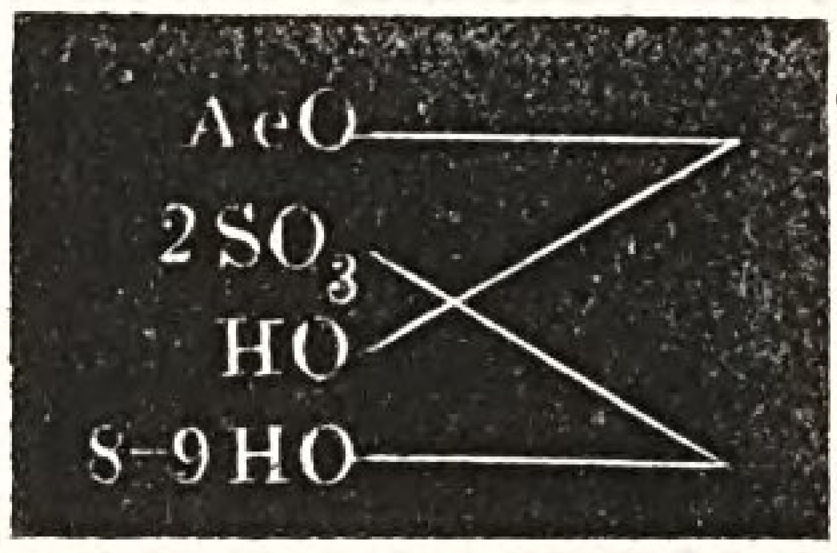
505. **Erklärung der Aetherbildung.** Der Weingeist unterscheidet sich von dem Aether nur dadurch, daß er 1 Atom Wasserstoff und 1 Atom Sauerstoff, also 1 Atom Wasser mehr enthält als der letztere; man könnte sich hienach die Bildung von Aether auf die einfachste Weise so erklären: die Schwefelsäure entzieht, vermöge ihrer starken Verwandtschaft zum Wasser, dem Weingeist 1 Atom Wasser und dadurch wird der Weingeist zu Aether. Der Vorgang ist aber etwas zusammengesetzter, weil sich auf dem Wege vom Weingeist zum Aether noch eine Zwischenstation — das saure schwefelsaure Aethyloxyd — befindet. Diese salzähnlich zusammengesetzte (gepaarte) Verbindung zeigt ein sehr verschiedenartiges Verhalten, je nachdem sie in concentrirtem oder in verdünntem Zustande erhitzt wird. Mit 6 bis höchstens 8 Atomen Wasser verdünnt kocht diese Verbindung bei 130° — 140° C. und zerfällt dabei in Aether, Wasser und wasserhal- *Theorie der Aetherbildung.*



Aether.
Wasser.
Wasserhaltige Schwefelsäure.

Theorie der Aetherbildung.

tige Schwefelsäure; die beiden ersteren verflüchtigen sich, ohne sich chemisch mit einander zu vereinigen, die letztere bleibt zurück.




Alkohol.

Wasserhaltige Schwefelsäure.

Stärker, mit 9 bis 10 Atomen Wasser, verdünnt, kocht das saure schwefelsaure Aethyloxyd schon unter 130° C. und zerfällt dabei in Alkohol und wasserhaltige Schwefelsäure. Auch hiebei wird zuerst Aether und Wasser abgeschieden, beide verbinden sich aber in statu nascendi chemisch mit einander zu Alkohol. Hierin liegt der Grund, warum bei der zuletzt angeführten Aetherbereitungs-Methode die Schwefelsäure wirkungslos wird, wenn sie 30mal so viel Alkohol von 90° in Aether umgebildet hat; sie ist dann durch das dem wasserhaltigen Alkohol entnommene Wasser so verdünnt worden, daß auf 2 Atome Schwefelsäure ungefähr 9 Atome Wasser kommen. Wie auch andere Körper bei verschiedener Temperatur bald eine stärkere, bald eine geringere oder aber gar keine Verwandtschaft zum Wasser zeigen, davon sind in der ersten Abtheilung dieses Werkes mehrfache Beispiele angeführt worden.

506. **Versuche mit Aether.**

Aether an der Luft.

a) Man gieße einige Tropfen Aether auf die Hand: er wird in wenig Augenblicken verdunsten und dabei die Hand merklich **abkühlen** (40.). Der Aether ist so **leichtflüchtig**, daß er schon in's Kochen geräth, wenn man ihn zur Sommerszeit in die Sonne stellt (bei 35° C.); man muß ihn daher immer in gut verschlossenen Gefäßen und an kühlen Orten aufbewahren.

Aether ist brennbar.

b) Man tauche einen Holzspahn in Aether, einen anderen in Weingeist und halte beide an eine Lichtflamme: der Aether **brennt** mit ungleich größerer Lebhaftigkeit und zugleich mit einer viel stärker leuchtenden und etwas Ruß absetzenden Flamme. Seine stärkere Leuchtkraft erklärt sich einfach aus seinem größeren Gehalte an Kohlenstoff. Der Vorgang beim Verbrennen ist derselbe wie bei dem

Weingeist; auch der Aether verwandelt sich dabei in Kohlensäure und Wasser.

c) Gießt man einige Tropfen Aether in ein Trinkglas und nähert diesem nach einigen Augenblicken, wenn der Aether sich in Dampf verwandelt hat, einen brennenden Spahn, so erfolgt eine plötzliche, von einem Geräusche begleitete Entzündung. Der Aetherdampf bildet, ähnlich wie Wasserstoffgas oder Sumpfgas, mit atmosphärischer Luft gemengt, eine Art Knallgas, und es sind schon heftige Explosionen dadurch veranlaßt worden, daß man Locale mit einem brennenden Lichte betrat, in denen sich durch das Zerbrechen eines Gefäßes mit Aether Aetherdunst in der Luft ausgebreitet hatte. Explosionen durch Aether

d) Mit Weingeist läßt sich der Aether in jeder beliebigen Menge vermischen. Der mit drei Theilen Weingeist versetzte Aether wird unter dem Namen: Hoffmann'scher Geist, Liquor oder schmerzstillender Spiritus vielfach als ein belebendes Arzneimittel angewendet. Aether und Weingeist.

e) Man schüttle ein Stückchen Talg oder einige Tropfen Baumöl in einem Probirgläschen mit Aether: beide Fette werden sich vollständig darin lösen. In Weingeist oder Wasser sind selbige nicht löslich. Der Aether kann daher sehr gut zur Auflösung und Trennung solcher Stoffe benutzt werden, die sich in ihm, nicht aber in anderen Flüssigkeiten auflösen. Außer den Fetten sind namentlich auch viele Harze und das sogenannte Gummi elasticum (Kautschuk) in Aether löslich. Aether als Auflösungsmittel.

Der Aether wird sehr allgemein auch Schwefeläther genannt; dieser Name ist jedoch unrichtig, weil der reine Aether weder Schwefelsäure, noch überhaupt Schwefel in seiner Mischung enthält. Schwefeläther.

507. Verbindungen des Aethers mit Säuren (Naphten). Aether und Säuren.
Daß der Aether, obgleich er nicht basisch reagirt, sich doch wie eine Basis verhält, d. h. mit Säuren verbindet, oder richtiger, sich mit ihnen paart, wurde schon oben angeführt; diese Verbindungen lassen sich jedoch nicht direct durch Vermischen des Aethers mit Säuren hervorbringen. Die Neigung, sich mit Säuren zu verbinden, hat der Aether nur in dem Zeitpunkte, wo er eben gebildet oder aus einer anderen Verbindung freigemacht

Aether und Säuren. wird; der einmal zur Freiheit gelangte Aether zeigt keine Spur mehr von jener Neigung. Man könnte diese Verbindungen, ebenso wie man Kalisalze oder Kaliumoxydsalze sagt, Aethersalze oder Aethyloxydsalze nennen, die gebräuchlichste Benennung dafür ist aber **Aetherarten**. Die meisten derselben sind flüssig und besitzen einen flüchtigen, erfrischenden Geruch. Ihre Darstellung erfolgt gewöhnlich durch Destillation der betreffenden Säure mit Alkohol, oft unter Succurs von Schwefelsäure. Hier können nur die bekannteren in der Kürze erwähnt werden.

Essigäther. **Essigsaures Aethyloxyd** oder **Essigäther** ($AeO, \overline{A}$) ist eine sehr flüchtige, angenehm riechende Flüssigkeit, die in der Medicin häufig Anwendung findet.

Salpeteräther. **Salpetrigsaures Aethyloxyd** oder **Salpeteräther** ($AeO NO_3$) riecht angenehm wie Obst und findet sich, mit Weingeist verdünnt, in dem als Arzneimittel bekannten Spir. nitr. aeth. der Apotheken.

Salzäther. **Chloräthyl** oder **Salzäther** ($AeCl$) macht einen Bestandtheil des Spir. muriat. aeth. aus.

Weinäther. **Oenanthsaures Aethyloxyd** oder **Weinäther** ($AeO, \overline{Oe}$) ist im Wein enthalten und die Ursache des sogenannten Bouquets gewisser Weinsorten.

Butteräther. **Buttersaures Aethyloxyd** oder **Butteräther** kommt jetzt unter dem Namen Ananasöl, Rumäther oder Rumessenz im Handel vor, und wird benutzt, um dem Weingeist einen dem Rum ähnlichen Geruch mitzutheilen.

Wie der Weingeist, so lassen sich auch **Holzgeist** und **Fuselgeist** in besondere Aether- und Naphtaarten verwandeln (518.).

## Organische Radicale (basenbildende).

Organische oder zusammengesetzte Radicale. 508. Sonst betrachtete man die organischen Stoffe als unmittelbare Verbindungen von Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stick-

stoff ꝛc. und theilte sie hienach ein in ternäre (dreielementige), quaternäre (vierelementige) ꝛc Stoffe. In der neueren Zeit ist man aber auf die Vermuthung gekommen, es könne wohl auch bei den organischen Stoffen eine ähnliche einfache Zusammensetzungsweise stattfinden, wie bei den unorganischen; es könne nämlich eine einfache Atomgruppe, z. B. von Kohlenstoff und Wasserstoff, sich in derselben Weise als ein Element oder Radical verhalten, wie die Gruppe $C_2N$ (Cyan) sich als ein solches verhält. Diese Vermuthung hat sich schon in vielen Fällen auf's Schönste bestätigt, und da gerade Weingeist und Aether und deren Veränderungen recht geeignet sind, um daran diese neuere Betrachtungsweise zu zeigen, so mögen sie hier als Beispiele dafür dienen. In diesen Verbindungen sieht man eine Gruppe von 4 Atomen Kohlenstoff und 5 Atomen Wasserstoff ($C_4H_5$) als den **Grundstoff**, als das **Radical** an und nennt es **Aethyl** (Ae). Hienach gilt nun Organische oder zusammengesetzte Radicale.

der Aether ($C_4H_5O$) als Aethyloxyd ($Ae+O$);
der Alkohol ($C_4H_6O_2$) als Aethyloxydhydrat ($AeO+HO$);
Aetherschwefelsäure als 2f. schwefels. Aethyloxyd ($AeO, 2SO_3+4HO$);
Essigäther als essigsaures Aethyloxyd ($AeO, \overline{A}$);
Salzäther als Chloräthyl ($AeCl$) u. s. w.

Man wird an dieser Zusammenstellung leicht bemerken, daß die organischen Verbindungen nun eine überraschende Aehnlichkeit mit den unorganischen zeigen und sich sehr gut mit diesen vergleichen lassen; die Aethylreihe z. B. mit der Kaliumreihe auf folgende Weise:

dem Kalium . . . entspricht das Aethyl,
» Kali . . . . » » Aethyloxyd (Aether),
» Kalihydrat . . » » Aethyloxydhydrat (Weingeist),
» 2f. schwefels. Kali » » 2f. schwefels. Aethyloxyd,
» essigsauren Kali » » essigs. Aethyloxyd (Essigäther),
» Chlorkalium . » » Chloräthyl,
» Schwefelkalium » » Schwefeläthyl,
» Antimonkalium » » Stibäthyl ꝛc.

Organische oder zusammengesetzte Radicale. Man nennt die Radicale dieser Art, zu denen auch Cyan und Ammonium zu rechnen sein würden, **zusammengesetzte** oder **organische Radicale**. Das Aethyl gehört zu der Abtheilung der **basenbildenden** Radicale (vgl. 513.).

---

## VIII. Verwandlung des Weingeistes in Essig.

(Essigsäure s. 198.).

Essig aus Branntwein. 509. **Versuch.** Man vermische in einem Glashafen 1 Loth starken **Branntwein** mit 6 Loth Flußwasser, lege in die Flüssigkeit ein Scheibchen Schwarzbrot, das man vorher mit starkem Essig getränkt hat, oder statt dessen ein wenig Sauerteig, bedecke das Gefäß mit einem durchlöcherten Pappdeckel und stelle es an einen warmen Ort, wo es ungefähr 30° — 40° C. warm wird: die geistige Flüssigkeit wird nach einigen Wochen in **Essig** verwandelt sein. In einem verstopften Glase erfolgt diese Umwandlung nicht, weil der Sauerstoff der Luft dazu unentbehrlich ist; von diesem wird eine große Menge verzehrt, denn die **Essigbildung besteht in einer Oxydation des Weingeistes durch den Sauerstoff der Luft.** Läßt man das Brot oder den Sauerteig weg, so entsteht ebenfalls kein Essig. Wie Zuckerlösung allein nicht in Weingeist übergeht, so geht auch Weingeist allein nicht in Essig über. Wie aber ein leicht zersetzbarer Körper (Ferment, Hefe 2c.) den Zucker dazu disponirt, sich gleichzeitig mit ihm zu zersetzen, so vermögen auch leicht zersetzbare saure Substanzen, als Brot, Sauerteig, fertiger Essig u. a. m., den Weingeist dahin zu bringen, daß er Sauerstoff absorbirt. Die Wirkungsweise dieser Stoffe, die man **Essigfermente** nennt, kommt ganz mit der des Stickstoffoxyds in den Schwefelsäurekammern überein; sie bilden, wie dieses, den Ueberträger, d. h. sie ziehen den Sauerstoff aus der Luft an und geben ihn an den verdünnten Weingeist wieder ab.

In gleicher Weise, nur ungleich energischer, wirkt auch das Platinschwarz, welches, ohne sich selbst dabei zu verändern, auf getröpfelten Weingeist augenblicklich dazu disponirt, sich unter starker Erhitzung mit dem Sauerstoff der Luft zu Essigsäure zu verbinden (392.). Dasselbe Verhalten zeigt auch der Holzgeist und Fuselgeist, welche durch Verbindung mit Sauerstoff ebenfalls in besondere Säuren (Ameisensäure und Baldriansäure) umgewandelt werden (518.). Essig durch Platinschwarz.

Wie reiner verdünnter Weingeist, so können auch alle anderen weingeisthaltigen Flüssigkeiten, als Bier, Wein, Malzwein, Cider ꝛc., durch Aufnahme von Sauerstoff in Essig übergehen, und es ist bekannt genug, daß man sie häufig zur Darstellung von Essig benutzt. Enthalten sie, wie es gewöhnlich der Fall ist, noch etwas Kleber oder Hefe aufgelöst, so vertreten diese Substanzen die Stelle des Essigferments und die Säuerung erfolgt von selbst, wenn man die Flüssigkeit in lose bedeckten Gefäßen einer Temperatur von 30°—40° C. aussetzt. Am leichtesten tritt diese ein unmittelbar nach einer geistigen Gährung, welche bei einer zu hohen Temperatur vor sich ging; daher haben die Bierbrauer und Branntweinbrenner in den heißen Sommermonaten oft Mühe, das Sauerwerden der gährenden Würze und Maische zu verhindern, was nur durch schnelle und starke Abkühlung geschehen kann. Essig aus gegohrenen Flüssigkeiten.

Auch Stärke und Zucker enthaltende Flüssigkeiten können in Essig übergehen, jedoch nur dann, wenn sie vorher durch Gährung in Weingeist umgebildet worden sind. Hieraus erklärt es sich, warum der Landmann Essig erhält, wenn er die Schalen und Abgänge vom Obst mit Wasser übergossen, längere Zeit in der Nähe des Ofens stehen läßt; warum gekochte Speisen, eingemachte Früchte ꝛc. mit der Zeit sauer werden ꝛc. In Folge der zuerst eintretenden geistigen Gährung entsteht in diesen Fällen immer ein Brausen oder Gähren, weil die mit dem Weingeist zugleich aus dem Zucker gebildete Kohlensäure entweicht. Hievon rührt der Name Essiggährung her, mit dem man in früheren Zeiten den Proceß der Essigbildung bezeich- Essig aus Stärke und Zucker.

nete, weil man dies Brausen als eine zur Essigerzeugung nothwendige Erscheinung ansah. Jetzt weiß man aber, daß irgend eine Entwicklung von Gasarten bei der Umbildung des Weingeistes in Essig nicht stattfindet.

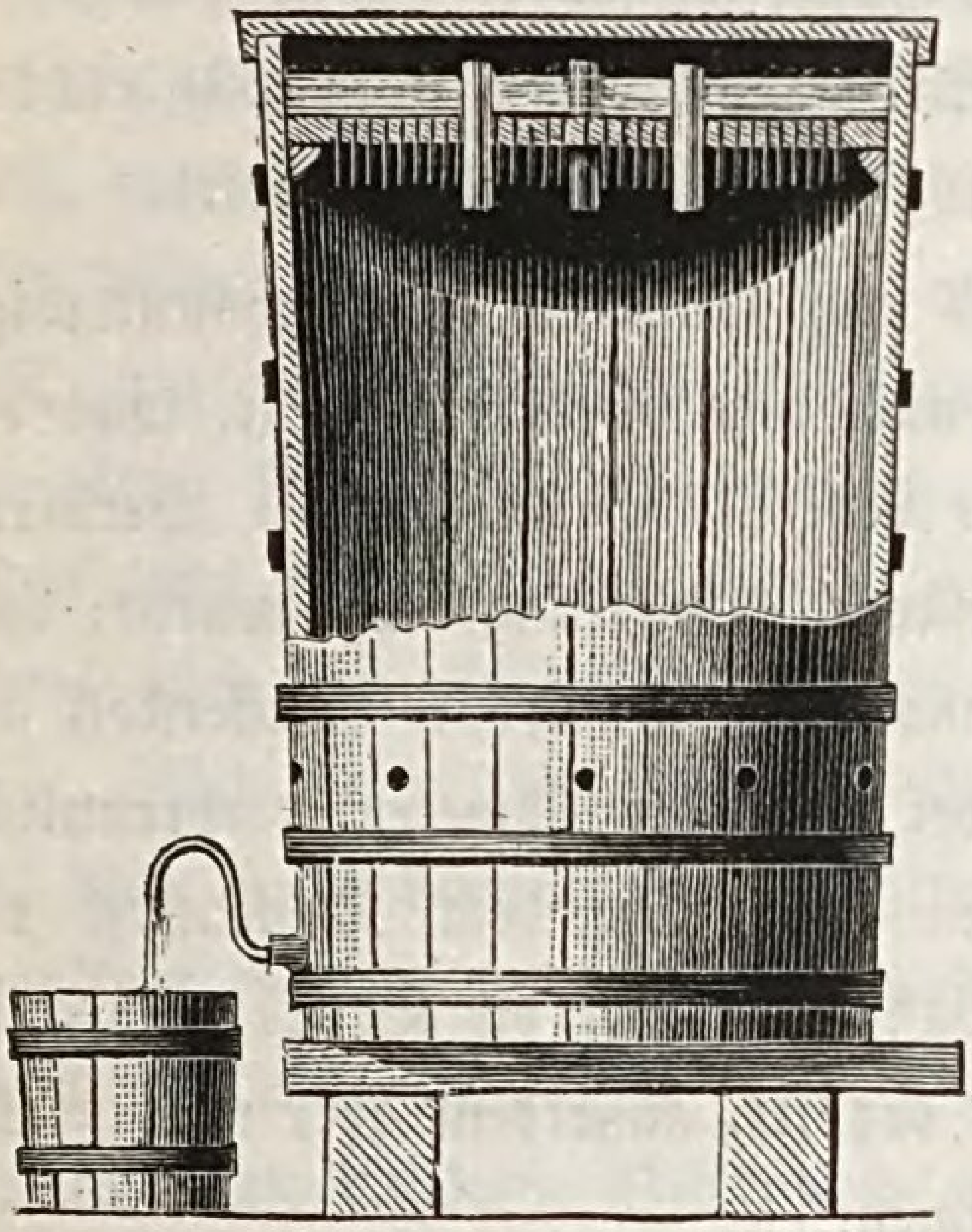
Beschleunigung der Essigbildung. 510. Versuch. Man fülle zwei Trinkgläser locker mit Rosinenstengeln an und gieße das eine ganz, das andere nur halb voll mit Wein, Bier oder einer Essigmischung, die man sich diesmal aus 1 Theil Branntwein, 1 Theil Bier und 6 Theilen Wasser bereiten mag. Beide Gefäße bringt man an einen warmen Ort und füllt ihren Inhalt täglich ein- bis zweimal um, so daß jedes Gefäß abwechselnd einmal ganz, dann wieder nur halb mit Flüssigkeit angefüllt ist. Der im Branntwein enthaltene Weingeist wird auf diese Weise viel schneller zu Essig oxydirt werden, weil die an den Rosinenstielen hängen bleibende Flüssigkeit, die in dieser feinen Vertheilung ringsum von Luft umgeben ist, in viel reicherem Maaße Gelegenheit findet, Sauerstoff aus der letzteren anzuziehen. Das zu Anfang eintretende Brausen rührt von dem in dem Biere und den Rosinenstielen enthaltenen Zucker her, welcher sich zuerst in Weingeist und Kohlensäure umwandelt. Der auf diese Weise gebildete Weingeist geht späterhin gleichfalls in Essig über, und hierin liegt der Grund, warum der hier erzeugte Essig saurer, d. h. reicher an Essigsäure, ist, als der bei dem vorigen Versuche gewonnene.

Schnellessigfabrikation. 511. Schnellessigfabrikation. Noch rascher erfolgt der Uebergang des Weingeistes in Essigsäure, wenn man den ersteren noch mehr zertheilt oder ausbreitet und ihm noch mehr atmosphärische Luft zuführt, als dies auf die eben angegebene Weise geschah. Man erreicht dies auf folgende Art:

Ein 4 — 5 Ellen hohes Faß wird mit gekräuselten Hobelspähnen aus Buchenholz angefüllt und etwas unter der oberen Oeffnung mit einem Boden versehen, in dem sehr viele feine Löcher eingebohrt sind; in jedes dieser Löcher kommt der obere Theil eines Strohhalms oder ein Stück Bindfaden, welches oben einen Knoten hat, um es am Durch-

fallen zu verhindern. Hiedurch erreicht man eine außerordentlich große Vertheilung des Weingeistes, denn wird dieser oben aufgegossen, so läuft er nur tropfenweise an den Strohhalmen oder Bindfäden durch den Siebboden hindurch und breitet sich dann während des weiteren Herabsickerns auf den Hobelspähnen zu einer überaus dünnen Flüssigkeitsschicht aus, die der Luft eine viel tausendmal größere Oberfläche darbietet als nach den früheren Methoden. Am unteren Theile des Fasses werden im Umkreise mehre größere Löcher eingebohrt, ebenso auch in dem schon erwähnten Siebboden; in die letzteren kittet man Glasröhren ein, damit die oben aufgegossene Flüssigkeit nicht durch sie ablaufe. Hiedurch wird ein Luftzug hervorgebracht; unten strömt kühlere Luft durch die Oeffnungen in das Faß ein, diese giebt an den auf den Spähnen ausgebreiteten Weingeist Sauerstoff ab, und in Folge dieser Oxydation oder langsamen Verbrennung entwickelt sich im Innern des Fasses so viel Wärme, daß die Temperatur darin bis zu 40° C. steigen kann. Die Luft wird hiedurch wärmer und somit auch leichter, sie zieht demnach, und zwar um ⅛ — ¼ ärmer an Sauerstoff, durch die oberen Glasröhren wieder aus dem Fasse heraus. Als Ferment wird hiebei fertiger, starker Essig angewendet, mit dem man zuvor das Faß und die Späne tränkt, und von dem man auch jederzeit der Branntweinmischung, die in Essig verwandelt werden soll, eine bestimmte Quantität zusetzt. In einem solchen Fasse (Essigbilder) kann man erwärmten Branntwein oder Bier, Wein ꝛc. durch drei- bis viermalige Durchlaufen innerhalb weniger Stunden in Essig umwandeln; daher der Name **Schnellessigfabrikation**. Schnellessigfabrikation.

Fig. 210.



Theorie der Essigbildung.

512. **Erklärung des Vorganges bei der Essigbildung.** Wenn Weingeist in Essig verwandelt werden soll, so müssen zu 1 At. davon 4 At. Sauerstoff hinzutreten.

Aus 1. At. Weingeist und 4 At. Sauerstoff $= C_4 H_6 O_2 + 4 O$
werden 1 At. Essigsäure und 3 At. Wasser $= C_4 H_3 O_3 + 3 H O$;
der Weingeist wird hiernach zu Essigsäure und Wasser oxydirt.

Man kann diesen Proceß als eine langsame und unvollständige Verbrennung ansehen, und findet auch hier wieder bestätigt, was bei der Verbrennung von Holz an der Luft (120.) und bei der Verbrennung des Zuckers durch Salpetersäure (196.) angeführt wurde: daß nämlich der leicht verbrennliche und leicht oxydirbare Wasserstoff sich eher mit dem Sauerstoff verbindet als der schwerer verbrennliche Kohlenstoff. Hier wird, wie man sieht, von dem Kohlenstoff des Weingeistes nichts, von seinem Wasserstoff aber die Hälfte verbrannt oder durch den Sauerstoff der Luft oxydirt, außerdem aber noch 1 At. Sauerstoff aus der Luft aufgenommen.

Aldehyd.

**Aldehyd.** Bis jetzt haben wir nur den Ausgangspunkt (Weingeist) und den Endpunkt (Essigsäure) des Essigbildungsprocesses betrachtet; zwischen beiden aber befindet sich gerade in der Mitte noch eine eigenthümliche Verbindung, die man als halb verwandelten Weingeist oder als halb fertigen Essig ansehen kann. Sie entsteht aus dem Weingeist, wenn zu diesem 2 At. Sauerstoff getreten und dadurch 2 At. Wasserstoff desselben zu Wasser oxydirt sind. Man hat ihr den Namen **Aldehyd**, d. h. Al- Alkohol, de- von dem, hyd- Wasserstoff weggenommen ist, gegeben.

Aus Weingeist $= C_4 H_6 O_2$ und $2 O$
entsteht Aldehyd $= C_4 H_4 O_2$ und $2 H O$.

Diese Verbindung entsteht jederzeit in der ersten Periode der Essigbildung und verursacht den eigenthümlichen, erstickenden Geruch, den man in Essigstuben oft bemerkt. Das **Aldehyd** zieht mit großer Begierde noch 2 At. Sauerstoff aus der Luft an und verwandelt sich dadurch in Essigsäurehydrat $(H O, C_4 H_3 O_3)$; dies geschieht in der

zweiten Periode der Essigbildung, und zu dieser Zeit herrscht in den Essigstuben ein saurer Geruch. Aldehyd.

Sehr leicht läßt sich Aldehyd erzeugen und an seinem charakteristischen Geruche erkennen, wenn man, wie in 114. angegeben ist, einen glühenden Platindraht in Weingeistdampf hält, oder noch leichter, wenn man eine Weingeistflamme durch ein Drahtnetz niederdrückt. In beiden Fällen bildet es sich, weil die Temperatur nicht hoch genug ist, um eine vollständige Verbrennung des Weingeistdampfes zu bewirken. Ein Theil des letzteren nimmt dann nur 2 Atome Sauerstoff aus der Luft auf und es entsteht Aldehyddampf, neben diesem aber auch noch Essigsäure und andere gasförmige Producte.

Essigbildung durch sauerstoffreiche Körper.

Nach dieser Darlegung des Vorganges bei der Essigbildung wird es nicht mehr befremden, daß Aldehyd und Essigsäure in allen Fällen gebildet werden, wo Weingeist mit Körpern zusammenkommt, welche reich an Sauerstoff sind und ihn leicht abgeben, z. B. mit Chromsäure, Salpetersäure, Braunstein und Schwefelsäure 2c.

Essigbildung aus Holz.

Leicht erklärbar wird es nun auch erscheinen, wie sich aus dem Holze durch trockne Destillation Essig bilden kann. Der Hauptbestandtheil des Holzes, die Cellulose, besteht aus: $C_{12}H_{10}O_{10}$, Essigsäure aus $C_4H_3O_3$ oder dreifach genommen aus $C_{12}H_9O_9$; es braucht also dem Holze nur 1 Atom Wasserstoff und Sauerstoff entzogen zu werden, um es in Essigsäure überzuführen.

513. Acetyl. Aehnlich, wie bei dem Aether und Weingeist, kann man auch das Aldehyd und die Essigsäure als Verbindungen eines organischen Radicals betrachten. Man hat dieses Radical Acetyl (Ac) genannt und denkt es sich aus 4 At. Kohlenstoff und 3 At. Wasserstoff zusammengesetzt ($C_4H_3$). Acetyl.

Hienach gilt nun:

das Aldehyd ($C_4H_4O_2$) als Acetyloxydhydrat ($Ac + O + HO$),
die Essigsäure ($C_4H_3O_3$) als Acetylsäure ($Ac + 3O$).

Das Acetyl gehört zu der Abtheilung der säurenbildenden Radicale.

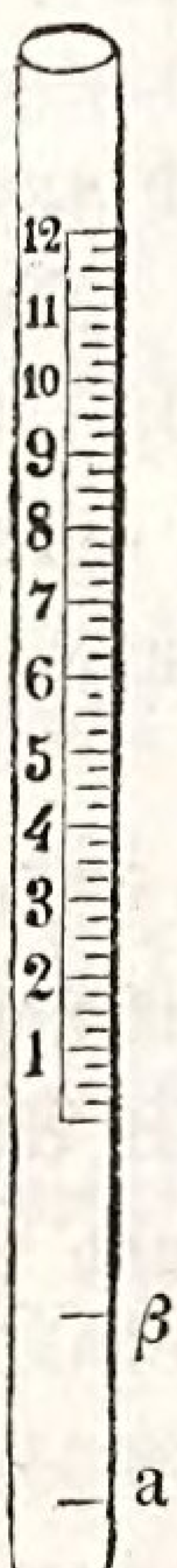
Aceton, eine durchdringend riechende Flüssigkeit, entsteht, wenn Aceton.

man essigsaure Salze mit einer starken Basis (Kalk) trocken destillirt. Die Essigsäure der ersteren zerfällt dabei in Kohlensäure und Aceton.

Kakodyl. Durch Destillation essigsaurer Salze mit weißem Arsenik erhält man eine widerwärtig riechende, selbstentzündliche Flüssigkeit (Kakodyloxyd), aus der es zuerst gelang, ein organisches Radical für sich darzustellen. Dasselbe, Kakodyl genannt, besteht aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Arsenik, verhält sich aber, trotz seiner Zusammengesetztheit, in allen seinen Verbindungen wie ein chemischer Grundstoff.

Stärke des Essigs. 514. Eigenschaften des Essigs. Der Essig ist eine mit vielem Wasser verdünnte Essigsäure, oft noch gemengt mit fremdartigen Stoffen, die er aus den Materialien (Malz, Obst, Wein 2c.) aufnahm, aus denen er bereitet wurde. Die beliebte gelbe oder bräunliche Farbe ertheilt man ihm oft künstlich durch gebrannten Zucker oder Cichorienbrühe. Der jetzt unter dem Namen Essigsprit im Handel vorkommende Essig enthält in 100 Maaß ungefähr 8—12, der Weinessig 6—8, der gewöhnliche Speiseessig nur 2—5 Maaß Essigsäure; das Uebrige ist Wasser. Um die Stärke des Essigs zu ermitteln, verfährt man auf eine ähnliche Weise, wie bei der Prüfung der Pottasche (202.), d. h. man untersucht, wie viel eine bestimmte Menge davon von einer Basis, am besten von Ammoniak, zu neutralisiren vermag. Die hiezu eingerichteten, in Grade getheilten Cylinder heißen Acetometer. Bei dem Probiren damit gießt man bis zu α Lackmustinctur, bis zum Anfang der Scala den zu prüfenden Essig, und setzt nun titrirte Ammoniakflüssigkeit zu, bis die rothe Farbe der Flüssigkeit sich eben wieder in Blau umändert.

Fig. 211.




Essig an der Luft. Läßt man Essig längere Zeit an der Luft stehen, so fängt er an sich zu zersetzen (zu verfaulen), und zwar um so leichter, je schwächer er ist. Dies zeigt sich bald durch eine Schimmelhaut (Kahm), bald durch Ausscheidung von gallertartigen Klumpen (Essigmutter), bald

durch Erzeugung von Infusionsthierchen, die man oft schon mit bloßen Augen erkennen kann, wenn man ein Glas Essig gegen die Sonne hält (Essigaale). Durch Aufkochen des Essigs läßt sich die weitere Zersetzung für einige Zeit aufhalten. Essig an der Luft.

Der Essig ist ein wenig schwerer flüchtig als Wasser. Destillirt man ihn, so geht zuerst ein schwächerer, zuletzt ein stärkerer farbloser Essig über (destillirter Essig) und die fremden nicht flüchtigen Beimengungen bleiben zurück. Essig in der Wärme.

Wird Essig der Kälte ausgesetzt, so wird das in ihm enthaltene Wasser früher in Eis verwandelt als die Essigsäure; man kann daher schwachen Essig durch theilweises Gefrieren stärker machen. Ebenso verhält sich der Wein in der Kälte; er wird auch stärker, d. h. weingeistreicher, wenn man einen Theil seines Wassers herausfrieren läßt. Essig in der Kälte.

Um dem Essig eine stärkere Schärfe oder Säure zu ertheilen, setzt man demselben zuweilen scharfe Stoffe, z. B. spanischen Pfeffer, Bertramwurzeln, ja wohl gar Schwefelsäure zu. Die letztere Verfälschung läßt sich recht leicht auf folgende Weise entdecken. Verfälschung des Essigs.

**Versuch.** Man fülle einen Topf halb voll Wasser und setze eine Tasse darauf, in die man den zu prüfenden Essig, nebst einigen Krümelchen Zucker, bringt; dann läßt man den Topf so lange auf einem heißen Ofen stehen, bis der Essig verdampft ist. Zeigt der Rückstand eine schwarze Farbe, so war der Essig schwefelsäurehaltig. Beim Erhitzen durch heißen Wasserdampf wird nur der Essig verflüchtigt, die etwa vorhandene Schwefelsäure aber bleibt zurück und erlangt endlich, wenn alle wässerigen Theile weggegangen sind, eine solche Stärke, daß sie zersetzend auf den beigemengten Zucker einwirkt und ihn verkohlt. Prüfung des Essigs

Fig. 212.



## Verwandlung des Zuckers in Milchsäure und Buttersäure.

Schleimige Gährung.

515. **Versuch.** Wird ausgepreßter **Möhrensaft** in einem offenen Gefäße an einen warmen Ort gestellt, wo er ungefähr bis auf 30° bis 40° C. erwärmt wird, so geräth er zwar, ähnlich wie bei 482., in Gährung; nach Beendigung derselben aber findet man, obwohl aller Zucker verschwunden ist, keinen Weingeist in der gegohrenen Flüssigkeit, sondern eine eigenthümliche Säure, **Milchsäure**, und einen schleimigen, gummiähnlichen Körper. Man hat diesen Zersetzungsproceß **schleimige Gährung** genannt; er zeigt recht augenscheinlich, wie höchst verschieden die Zersetzungsweise eines und desselben organischen Körpers je nach der Temperatur sein kann, bei welcher die Zersetzung vor sich geht. Bei einer Wärme von 10° bis 20° C. geräth der Möhrensaft in geistige Gährung, und sein Zucker zerfällt in Kohlensäure und Weingeist; bei einer höheren Temperatur gährt er ebenfalls, dabei aber wird der Zucker in Kohlensäure, Milchsäure und einige andere Producte umgewandelt.

Bildung von Milchsäure und Buttersäure.

**Milchsäure** ($HO, C_6H_5O_5$). Eine ähnliche Umwandlung in Milchsäure erfährt der in vielen Pflanzenstoffen enthaltene Zucker gleichfalls, wenn diese, mit Salz gemengt, in zusammengepreßtem Zustande längere Zeit aufbewahrt werden. Der saure Geschmack, den wir an dem Sauerkohl, an den sauren Gurken und Bohnen 2c. wahrnehmen, rührt hauptsächlich von **Milchsäure** her, die sich in diesen Substanzen auf eine noch nicht genau erforschte Weise bildet. In reichlichster Menge erzeugt sich die Milchsäure beim freiwilligen Sauerwerden der Milch aus dem in dieser enthaltenen Milchzucker (627.), desgleichen beim Sauerwerden des Stärkekleisters (456.). Fertig gebildet findet sie sich auch in anderen Körpertheilen, z. B. im Muskelfleisch, Magensaft 2c. Die reine Milchsäure ist eine farblose, geruchlose, dickliche Flüssigkeit von sehr saurem Geschmack. Mit Zinkoxyd und Kalk bildet sie krystallinische Verbindungen, deren man sich zur Darstellung der Milchsäure gewöhnlich bedient. Ihrer chemischen Constitution nach könnte die

Milchsäure auch als eine mit Aldehyd gepaarte Ameisensäure angesehen werden. Bildung von Milchsäure und Buttersäure.

Buttersäure (HO, $C_8 H_7 O_3$). In den vorgenannten sauren Nahrungsmitteln findet man, namentlich wenn die Gährung oder Säuerung derselben schon weit vorgeschritten ist, außer der Milchsäure noch eine andere Säure, welche denselben ihren eigenthümlichen, nicht gerade angenehmen Geruch ertheilt, die Buttersäure. Sie ist, wie die Milchsäure, ein Erzeugniß einer besonderen Art von Gährung, die man in der reinsten Form durch Zuckerlösung und faulenden Käse bei etwa 30° C. hervorrufen kann. Es erzeugt sich aus dem Zucker erst Milchsäure, die sich bei weiterem Fortschreiten des Gährungsprocesses in Buttersäure umwandelt. Durch einen ähnlichen Umwandlungsproceß bildet sich dieselbe auch von freien Stücken aus dem Zucker des Johannisbrotes, aus dem man sie, eben so wie aus der Butter, die natürliche buttersaure Verbindungen enthält, leicht gewinnen kann. Die Buttersäure ist dünnflüssig, farblos, destillirbar, von saurem, etwas ranzigem, an alte Butter erinnerndem Geruch, brennendem, saurem Geschmack, und läßt sich mit Wasser und Weingeist mischen (629).

## Bildung von Weingeist, Essigsäure und Milchsäure beim Brotbacken.

516. Mehl. Die Samen der Getreidearten, die wir zur Bereitung von Mehl und Brot benutzen, enthalten als Hauptbestandtheile: Stärke und Kleber, außerdem immer auch ein wenig Zucker. Beim Zerkleinern derselben durch Mahlen entsteht aus ihrer Schale und den zunächst darunter liegenden, an Fett, Stickstoff und phosphorsaurem Kalk reichen Theilen die Kleie, aus der inneren weißeren Masse, der Eiweißkörper genannt wird, das Mehl. Der Kleber ist zäher und demnach schwerer feinzureiben als die Stärke; hieraus erklärt es sich, warum das durch wiederholtes Absieben (Beuteln) gewonnene feinere Weißmehl stärkereicher, das gröbere und dunklere Schwarzmehl dagegen kleberreicher ist. Das eigent- Mehl.

Mehl. lich Nährende des Mehls ist dem stickstoffhaltigen Kleber zuzuschreiben; Schwarzmehl und Schwarzbrot sind hienach nahrhafter, als Weißmehl und Weißbrot, gleichzeitig aber auch schwerer verdaulich (auflöslich).

Mehl und Wasser in der Wärme. **Versuch.** Man rühre Weizenmehl mit lauem Wasser zu einem dicken Brei an und lasse diesen, mit einem Brettchen bedeckt, in einer Obertasse 8—10 Tage lang an einem warmen Orte stehen. Der Brei verändert sich allmälig, und zwar lassen sich zwei Perioden hiebei unterscheiden. Zuerst entwickeln sich, am dritten oder vierten Tage, daraus Luftblasen von saurem, unangenehmem Geruche, und die Masse besitzt jetzt die Fähigkeit, Zucker in Milchsäure zu verwandeln, wie man leicht wahrnehmen kann, wenn man ein wenig davon zu Zuckerwasser setzt und dieses in die Wärme stellt. Nach 6—8 Tagen riecht der Brei angenehm geistig, und wirkt nun, zu Zuckerlösung gebracht, wie Hefe, d. h. er bewirkt eine Zerlegung des Zuckers in Weingeist und Kohlensäure. Läßt man den Brei noch länger stehen, so nimmt er abermals einen sauren Geschmack an, der diesmal aber von Essigsäure herrührt, in welche der vorher erzeugte Weingeist allmälig übergeht (Sauerteig). In diesem Zustande ruft derselbe in Zuckerwasser zwar auch eine geistige Gährung hervor, welche aber ohne Aufenthalt in die saure, in Essigbildung übergeht. Daß diese drei verschiedenen Einwirkungen des in Zersetzung begriffenen Mehls auf den Zucker von dem eiweißartigen Stoffe desselben, dem Kleber, herrühren, ist aus dem Frühern klar; man könnte hienach den wenig veränderten Kleber ein Milchsäureferment, den mehr veränderten ein Weingeistferment, den noch mehr veränderten ein Essigferment nennen.

Brot. 517. **Brot.** Was hier langsam eintritt, erfolgt bei der Bereitung von Brot schnell, weil man zu dem mit Wasser angerührten Mehle absichtlich ein Ferment zusetzt.

Weißbrot. Zur Darstellung von **Weißbrot** wendet man als Ferment die Oberhefe vom Bier an, die bekanntlich das kräftigste Weingeistferment ist; der in dem Mehle enthaltene Zucker wird dadurch in Weingeist

und Kohlensäure zersetzt, welche zu entweichen streben und dabei die zähe Teigmasse auseinandertreiben und locker und porös machen (Gehen oder Auflaufen des Teiges). Durch das schnelle Erhitzen im Backofen bis zu 160° bis 180° C. verflüchtigen sich diese Stoffe, nebst ungefähr der Hälfte des angewendeten Wassers, und die Zellenwände des Gebäckes erlangen eine solche Festigkeit, daß sie ihre Form und Stellung auch nach dem Erkalten behalten. Ist aber die Hitze des Ofens zu schwach oder der Teig zu wasserreich, so erhärten diese Wände zu langsam und fallen beim Entweichen der Kohlensäure zusammen oder fließen in einander (Klantsch oder Schliff). Dieser Fall tritt am häufigsten bei dem Schwarzbrot ein, weil dieses in Folge seines größeren Klebergehaltes das Wasser hartnäckiger zurückhält, und demnach langsamer austrocknet und erhärtet, als das stärkereichere Weißbrot. Weißbrot.

Bei der Bereitung des Schwarzbrotes wird gewöhnlich Sauerteig als Ferment angewendet. Neben dem Weingeist und der Kohlensäure bildet sich hiebei auch ein wenig Essigsäure und Milchsäure (wohl auch etwas Buttersäure), die dem Brot einen säuerlichen Geschmack mittheilen. Aus 3 Pfund Mehl erhält man ungefähr 4 Pfund Brot, ¼ des Brotes besteht sonach aus fixirtem Wasser. Das lockere, blasige Brot löst sich leicht im Magen auf, wir nennen es leicht verdaulich; das compacte, schliffige schwer, es ist schwer verdaulich. Schwarzbrot.

Aus 457. ist bekannt, daß Stärke durch Rösten in Dextringummi umgewandelt wird; dieselbe Verwandlung erleidet auch ein Theil der Stärke in der Hitze des Backofens, insbesondere auf der Oberfläche der Backwaaren, welche von dem Gewölbe des Ofens die stärkste Hitze empfängt. Wird die Rinde des heißen Brotes mit Wasser bestrichen und das Brot wieder einige Minuten in den Ofen gebracht, so löst sich etwas Dextrin auf und bildet nach dem Verdunsten des Wassers den glänzenden Ueberzug, den wir an dem Brote und der Semmel wahrnehmen. Bildung von Dextrin beim Backen.

Mit mehr oder weniger Vortheil kann man die zum Auftreiben der Backwaaren dienende Kohlensäure auch auf andere Weise als durch

Künstliche Gährmittel.

Gährung des Zuckers erzeugen; ja es lassen sich hiezu auch ganz andere Stoffe anwenden, welche in der Hitze luftförmig werden.

Versuch. Man menge 2 Gran feingeriebenes doppeltkohlensaures Natron recht genau mit 1½ Quentchen Mehl und knete dieses mit 1 Quentchen Wasser, das man vorher mit 4 Tropfen gewöhnlicher Salzsäure vermischt hat, zu einem Teige zusammen. Der Teig wird erst einige Zeit an einen warmen Ort gestellt und dann in einer heißen Ofenröhre oder in einem Löffel über einer Weingeistflamme gebacken. Man erhält eine lockere Brotmasse, weil die Kohlensäure des Natronsalzes durch die Salzsäure verjagt wird und den noch weichen Teig auftreibt. Das entstandene Kochsalz bleibt in dem Brote zurück und ertheilt ihm einen kräftigen Geschmack. Man hat diese Methode schon an manchen Orten im Großen zur Darstellung von Backwaaren in Anwendung gebracht.

Versuch. 1½ Quentchen Mehl werden mit einigen Granen von kohlensaurem Ammoniak verrieben und dann mit 1 Quentchen lauem Wasser zu einem Teige geknetet und wie eben angegeben weiter behandelt. Auch hier wird die Masse nach dem Gehen und Backen blasig und locker sein, weil das kohlensaure Ammoniak (Hirschhornsalz) in der Hitze luftförmig wird und während seines Entweichens den Teig auseinander treibt. Auf diese Weise bereiten die Bäcker gewöhnlich ihre leichten und lockeren Waaren, z. B. Pfefferkuchen ꝛc. Aehnlich, obwohl schwächer, wirken auch Weingeist und Rum, die man nicht selten, um das Gehen zu befördern, unter den zu Backwaaren bestimmten Teig knetet.

## Holzgeist und Fuselgeist.

Holzgeist und Fuselgeist.

Nachdem der Weingeist und seine Veränderungen, namentlich seine Umwandlung in Aether und Essigsäure, im Vorhergehenden betrachtet worden sind, mögen hier noch die auffallenden Familienähnlichkeiten, welche zwei andere Flüssigkeiten, die man als Geschwister des Weingeistes ansehen kann, der Holzgeist und Fuselgeist, zeigen, kurz berührt werden, weil sie recht geeignet sind, die schon in

508. besprochene Theorie der organischen Radicale weiter zu begründen.

518. Holzgeist oder Methylalkohol. In dieser bereits bei der trocknen Destillation des Holzes (439.) aufgeführten Alkoholart ist die Gruppe $C_2H_3$, Methyl genannt, als organischer Grundstoff anzusehen und dieser vermag sich, genau wie das Aethyl des Weingeistes, Holzgeist.

mit Sauerstoff ($C_2H_3O$) zu Methyläther,

mit Sauerstoff und Wasser ($C_2H_4O_2$) zu Methylalkohol u. a. m.

zu verbinden.

Ameisensäure (HO, $C_2HO_3$ oder $\overline{Fo}$). Die Aehnlichkeit erstreckt sich auch auf dessen Uebergang in eine Säure. Weingeist wird durch Einwirkung von Sauerstoff in Essigsäure und Wasser umgewandelt (509.), Holzgeist in Ameisensäure und Wasser. In der Essigsäure ist das Säureradical Acetyl, in der Ameisensäure ist es das Formyl ($C_2H$). Diese Säure kommt natürlich in den Ameisen, den Brennnesseln, Fichtennadeln ꝛc. vor und läßt sich künstlich aus Zucker, Stärke und vielen anderen organischen Stoffen darstellen, wenn man sie mit sauerstoffreichen Körpern, z. B. mit Salpetersäure, Chromsäure, Braunstein und Schwefelsäure ꝛc., erhitzt. Da sie flüchtig ist, so destillirt sie hiebei über und stellt in reinem Zustande eine der Essigsäure ähnliche, farblose Flüssigkeit von sehr saurem Geschmack und durchdringendem, stechendem Geruch dar. Der durch Destillation von Weingeist über Ameisen gewonnene Ameisenspiritus der Apotheken enthält eine kleine Menge von dieser Säure in Auflösung. Ameisensäure.

Chloroform. Ersetzt man den Sauerstoff der Ameisensäure durch Chlor, so erzeugt sich daraus das als Betäubungsmittel plötzlich so berühmt gewordene Chloroform, richtiger Formylchlorid ($C_2HCl_3$) genannt. Man stellt es gewöhnlich durch Destillation von Weingeist, Wasser und Chlorkalk dar, in welchem Falle sich aus dem Weingeist durch die Einwirkung von Chlor Formyl erzeugt. Das Chloroform ist eine farblose, schwere, flüchtige Flüssigkeit von ätherisch-süßlichem Geruch und Geschmack. Athmet man, indem man ein Tuch damit an- Chloroform.

feuchtet und vor den Mund hält, die Dämpfe davon ein, so bringen sie für einige Zeit Gefühl- und Bewußtlosigkeit, eine Art von Schlafsucht hervor, die bei vorsichtiger Leitung und bei vollkommener Reinheit des Chloroforms ohne schädliche Folgen wieder vorübergehen.

Fuselgeist. 519. **Fuselgeist oder Amylalkohol.** Dieser Alkoholart, die man gewöhnlich Fuselöl nennt, ist schon 495. gedacht worden. Das darin vorhandene organische Radical hat den Namen **Amyl** ($C_{10}H_{11}$) erhalten und giebt, analog dem Aethyl und Methyl,

mit Sauerstoff: Amyloxyd oder Amyläther,

mit Sauerstoff und Wasser: Amylalkohol oder Fuselgeist u. a. m.

Birnenöl. **Birnenöl** (essigsaures Amyloxyd) läßt sich leicht darstellen, wenn man 2 Theile essigsaures Kali, 1 Theil Fuselgeist (Fuselöl) und 1 Theil englische Schwefelsäure in einem Probirgläschen kocht; es entwickelt sich dann ein lieblicher Birnengeruch. Leitet man die Dämpfe in ein anderes mit Wasser halb angefülltes Probirgläschen, so setzen sich auf dem Wasser ölähnliche Tropfen ab, die einen dem Essigäther analogen Amyläther darstellen. Unter dem Namen Birnenöl oder Birnenäther wird diese Flüssigkeit neuerdings zur Darstellung von Fruchtbonbons und zur Parfümirung vielfach angewendet. Aehnliche wohlriechende Fuselgeistverbindungen sind das **Apfelöl** (baldriansaures Amyloxyd), und das **Cognacöl** (buttersaures Amyloxyd).

Baldriansäure. **Baldriansäure** (Valeriansäure) entsteht aus dem Fuselgeist, wenn man ihm Sauerstoff zuführt, ganz auf dieselbe Weise, wie aus dem Weingeist Essigsäure und aus dem Holzgeist Ameisensäure entsteht. Das darin vorhandene Säureradical hat den Namen **Valeryl** ($C_{10}H_9$) erhalten. Diese Säure, welche eine ölartige farblose Flüssigkeit von durchdringendem, weichlich unangenehmem Geruch darstellt, kommt natürlich in der Baldrian- und Angelicawurzel vor und erzeugt sich ferner von selbst bei der Fäulniß von Käse und anderen thierischen Stoffen.

## Rückblick auf die Veränderungen des Zuckers und Weingeistes.

1) Der Zucker verwandelt sich:

a. durch Entziehung von Sauerstoff und Wasserstoff in braune, kohlenreiche Substanzen und Wasser;

b. durch Zuführung von Sauerstoff in Zuckersäure, Oxalsäure und Wasser, zuletzt in Kohlensäure und Wasser;

c. durch Berührung mit stickstoffhaltigen Körpern bei niedriger Temperatur in (wasserstoffreichen) Alkohol und (sauerstoffreiche) Kohlensäure (geistige Gährung);

d. durch Berührung mit stickstoffhaltigen Körpern bei etwas höherer Temperatur in Milchsäure, Buttersäure u. v. a. Stoffe (Milchsäure-Gährung, schleimige Gährung).

2) Bei der unter c. und d. genannten Veränderung wird gleichzeitig auch der stickstoffhaltige Körper in neue Verbindungen (Hefe, Ammoniaksalze rc.) umgesetzt.

3) Die Umwandlung des Zuckers in Weingeist und Kohlensäure und die des stickstoffhaltigen Körpers in Hefe erfolgt bei niedriger Temperatur langsam (Untergährung), bei höherer schnell (Obergährung).

4) Der Weingeist kann bis jetzt nur auf diesem einzigen Wege, nämlich durch die Gährung des Zuckers dargestellt werden.

5) Man benutzt zwar auch Stärke zur Erzeugung von Weingeist, diese muß aber jederzeit zuvor in Zucker verwandelt werden.

6) Der **Weingeist** verwandelt sich:

a. durch Entziehung von allem Sauerstoff und etwas Wasserstoff in Elaylgas (ölbildendes Gas) und Wasser;

b. durch Entziehung von etwas Sauerstoff und Wasserstoff in Aethyloxyd (Aether) und Wasser; dieses Aethyloxyd kann sich wie eine Basis mit Säuren verbinden (zusammengesetzte Aetherarten);

c. durch Zuführung von Sauerstoff in Aldehyd und Wasser, weiter in Essigsäure und andere Säuren. Verfolgt man die hiebei ent-

stehenden Oxydationsproducte des Weingeistes Schritt vor Schritt, so erhält man folgende Uebergangsstufen:

Aus Weingeist und Sauerstoff wird Aldehyd und Wasser;
» Aldehyd und Sauerstoff wird Essigsäure;
» Essigsäure und Sauerstoff wird Ameisensäure und Wasser;
» Ameisensäure und Sauerstoff wird Kleesäure und Wasser;
» Kleesäure und Sauerstoff wird Kohlensäure.

7) Die letzten Erzeugnisse dieser Oxydationsprocesse sind also dieselben, in welche der Weingeist übergeht, wenn er verbrennt, nämlich Kohlensäure und Wasser.

8) Dem Weingeist ganz ähnliche Verbindungen sind Holzgeist und Fuselgeist. Man kann hienach 3 Alkoholarten unterscheiden: Wein-, Methyl- und Amylalkohol.

9) Der Zucker gehört zu den kohlenstoffreichen organischen Verbindungen, der Weingeist zu den wasserstoffreichen, die Essigsäure und die übrigen Säuren zu den sauerstoffreichen.

---

## IX. Fette und fette Oele.

Fette Oele. 520. **Fettes Oel. Versuch.** Man breche einen **Mandelkern** entzwei und drücke das weiße Fleisch mit dem Fingernagel zusammen: es dringen kleine Tröpfchen einer Flüssigkeit heraus, die sich schlüpfrig anfühlen und darauf gepreßtes Fließpapier fettig und durchsichtig machen. Diese Flüssigkeit heißt **Mandelöl**. Zerkleinert man die Mandeln vorher und preßt sie dann, in ein Tuch gepackt, in einer Presse stark aus, so erhält man daraus über ¼ ihres Gewichts an Mandelöl. Sehr viele Pflanzen enthalten einen ähnlichen, öligen Saft, insbesondere in ihren Samen, und aus vielen der letzteren werden durch Zerstampfen und Auspressen Oele gewonnen. Man hat dieser Art von Oelen den Namen **fette Oele** gegeben, weil sie dickflüssig sind und sich fettig anfühlen. In geringer Menge finden sie

sich fast in allen Pflanzen, selbst in solchen, in denen man sie gar nicht vermuthen sollte, z. B. in den Getreide- und Grasarten 2c.

521. **Schmalz.** Versuch. Man koche etwas zerschnittenes fettes Schweinefleisch einige Zeit mit wenig Wasser und presse die weiche Masse noch heiß durch ein Leinwandläppchen; auf dem Wasser schwimmt gleichfalls ein fettes Oel, welches aber nur bei einer Temperatur von ungefähr 30° C. flüssig ist, darunter abgekühlt dagegen zu einem festen, jedoch weichen, weißen Körper gerinnt. Daß dieser sich auch schlüpfrig anfühlt und auf Papier Fettflecke hervorbringt, ist bekannt genug. Solche Fettarten, die bei gewöhnlicher Temperatur eine weiche, salbenartige Consistenz haben, werden Schmalz oder schlechtweg Fett genannt, die in dem Läppchen zurückgebliebenen mit Fett durchdrungenen thierischen Zellen und Häute aber Griefen. Schmalz.

522. **Talg.** Fettes Rindfleisch, auf gleiche Weise behandelt, liefert ein Fett, welches in der Hitze zwar auch flüssig ist, wie Oel, aber schon bei einer Abkühlung bis zu ungefähr 36° C. gerinnt und dann eine noch härtere Masse als das Schmalz, den bekannten Talg, bildet. Durch Auskochen und Ausbraten können wir aus allen Thierstoffen Fette ausschmelzen, in reichlicher Menge besonders aus dem Fleische der Hausthiere, bei denen wir durch Mästung, d. h. durch reichliche Nahrung bei verhinderter Bewegung der Thiere, die Erzeugung von Fett oft auf das Unglaublichste zu vermehren im Stande sind. Die durch Auskochen mit Wasser gewonnenen Fette sind weiß, weil dabei die Erhitzung nicht über 100° C. steigen konnte; die durch Ausbraten ohne Wasser dargestellten haben dagegen eine gelbe oder braune Farbe (braune Butter, Bratenbrühe 2c.), weil bei der hiebei stattfindenden stärkeren Erhitzung, die bis über 300° C. steigen kann, ein Theil des Fettes brenzlich wird. Die Thierfette würden streng genommen in die dritte Abtheilung dieses Werkchens gehören, sie stimmen aber in ihren Eigenschaften so genau mit den Pflanzenfetten überein, daß die Uebersicht eine deutlichere wird, wenn man sie gleich an die letzteren anreiht. Talg.

Die Fette der Pflanzen sind meistens flüssig (fette Oele), die der

fleischfressenden Säugethiere und der Vögel weich (Schmalz), die der pflanzenfressenden Säugethiere hart (Talg).

### Eigenschaften der Fette.

Fette sind nicht flüchtig.

523. **Versuch.** Man reibe ein wenig Fett auf Papier und lege das letztere auf einen heißen Ofen: der Fettfleck wird nicht verschwinden, wenn auch das Papier noch so lange erwärmt wird, denn die Fette sind nicht flüchtig.

Fette werden von porösen Stoffen eingesogen.

Wie in Papier, so ziehen die Fette sich auch mit großer Leichtigkeit in alle anderen porösen Körper hinein, z. B. in Holz, Leder 2c. Da die Fette im Innern dieser Körper lange Zeit hindurch weich bleiben, so hat man in ihnen ein Mittel, um biegsame Körper geschmeidig zu machen und zu erhalten. Deswegen wird das lederne Pferdegeschirr und das Schuhzeug von Zeit zu Zeit eingefettet, deswegen knetet der Weißgerber seine Schafhäute mit Fischthran durch (Walken), wenn sie zu geschmeidigem Handschuhleder werden sollen 2c. Besonders stark ist die Fett einsaugende Kraft in dem Thon und Lehm, wie man daran erkennt, daß diese Substanzen im Stande sind, das in Holz oder Papier eingedrungene Fett wieder herauszuziehen. Dünne Stoffe erlangen dadurch, daß ihre Poren statt mit Luft mit Fett ausgefüllt sind, eine größere Durchsichtigkeit gewöhnliches Papier wird auf diese Weise so durchscheinend, daß es zum Durchzeichnen und zu Transparentgemälden angewendet werden kann.

Fette und Wasser.

524. Die Fette schwimmen auf Wasser, sie haben sonach ein geringeres specifisches Gewicht als das Wasser. Dieser Eigenschaft wegen kann man sie benutzen, um von anderen Körpern, die man damit übergießt, die Luft abzusperren. Eine Eisenvitriolauflösung zieht an der Luft schnell Sauerstoff an und läßt braunes Eisenoxydhydrat fallen (285.); sie bleibt aber unverändert, wenn sie mit einer Oelschicht bedeckt ist. Frisch gepreßter Citronensaft schimmelt bald an der Luft, unter einer Oeldecke schimmelt er nicht. Eingemachte Früchte halten sich viel länger, wenn sie mit geschmolzener Butter übergossen werden.

Die Fette sind im Wasser unlöslich, man kann daher durch sie andere Körper vor dem Eindringen von Wasser schützen. Durch Einschmieren mit Talg oder Fett verhindern wir das Durchgehen der Nässe durch unser Schuhwerk, durch Einölen das Rosten des Eisens an feuchter Luft, durch Anstreichen mit Leinöl oder Leinölfirniß das Eindringen von Feuchtigkeit in das Holz-, Segel- und Tauwerk der Schiffe, und damit das schnelle Vermodern und Verfaulen derselben. Mit Oel vollkommen durchdrungenes Bauholz hält sich, wie neuerdings angestellte Versuche gezeigt haben, in feuchter Erde unverändert, während gewöhnliches Holz oft schon innerhalb weniger Jahre durch Fäulniß zerstört wird. Fette und Wasser.

525. Emulsion. Versuch. Man schüttle in einem Probirgläschen Oel und Wasser tüchtig durcheinander: das Oel vertheilt sich in kleine Tröpfchen und macht das Wasser milchig, bei ruhigem Stehen setzt es sich aber bald wieder oben ab. Viel länger wird es dagegen im Wasser schwebend erhalten, wenn dieses schleimige Stoffe, z. B. Gummi oder Eiweiß, enthält, wie man leicht bemerkt, wenn man etwas Oel mit Eiweiß, Eidotter oder einer dickflüssigen Auflösung von Gummi arabicum zusammenreibt und dann erst nach und nach Wasser zubringt. In der entstandenen Milch, die den Namen Emulsion (Oelemulsion) führt, tritt erst nach mehren Tagen eine Trennung des Oels vom Wasser ein. Emulsion aus Oel.

Versuch. Eine zweite Art der Bereitung von Emulsionen besteht darin, daß man ölreiche Samen, z. B. Mandeln oder Mohn, in einem Mörser zerquetscht und allmälig Wasser zusetzt (Samenemulsionen). In allen diesen Samen sind schleimige und eiweißartige Stoffe vorhanden, die sich in dem Wasser auflösen und eine feine Zertheilung des Oels bewirken. Emulsion aus Samen.

Eine natürliche Emulsion haben wir in der Milch der Säugethiere. Die Kuhmilch ist trübe, weil in ihr die Butter in kleinen, dem bloßen Auge unsichtbaren Kügelchen umherschwimmt; diese Fettkügelchen werden schwebend erhalten, weil zugleich ein dem Eiweiß ähnlicher Körper, der Käsestoff, in der Milch aufgelöst ist. Bei län- Milch.

gerem Stehen wird der Käsestoff unlöslich (er gerinnt) und die leichtere Butter sammelt sich, als Rahm, auf der Oberfläche der Milch an.

Fette an der Luft.

526. Firnißöle und Schmieröle. Versuch. Man verreibe auf einer Kupfermünze einen Tropfen Leinöl, auf einer zweiten einen Tropfen Baumöl, und lege beide einige Tage lang an einen warmen Ort: das Leinöl wird zu einer harzähnlichen, festen Masse eintrocknen, das Baumöl dagegen schmierig bleiben. Alle Oele saugen an der Luft Sauerstoff ein und werden dadurch dicker und unangenehm schmeckend und riechend (ranzig); darin aber findet eine wesentliche Verschiedenheit Statt, daß manche Oele vollkommen hart und trocken werden, andere dagegen weich und klebrig bleiben. Hienach zerfallen die Fette in zwei Klassen: in trocknende und nicht trocknende. Die ersteren kann man auch Firnißöle nennen, weil sie sich vorzüglich zum Anstrich eignen; die letzteren Schmieröle, weil sie da, wo man die Reibung fester Körper an einander und die Erhitzung derselben durch Schmiermittel zu verhindern beabsichtigt, sich viel länger weich und schlüpfrig erhalten als die trocknenden Fette.

Selbstentzündung geölter Stoffe.

527. Durch die beim Trocknen der Oele stattfindende Einsaugung und Verdichtung von Sauerstoff muß, wie bei jeder Verdichtung eines luftförmigen Körpers zu einem flüssigen, Wärme frei werden. Diese kann unter Umständen, namentlich dann, wenn frisch geölte oder gefirnißte Zeuge, als Wolle, Leinwand 2c., in großen Massen fest zusammengepreßt liegen, sich so steigern, daß eine Sebstentzündung eintritt; es ist daher der Vorsicht gemäß, derartige Stoffe, bevor sie vollständig trocken geworden sind, nicht zu dicht auf einander zu schichten.

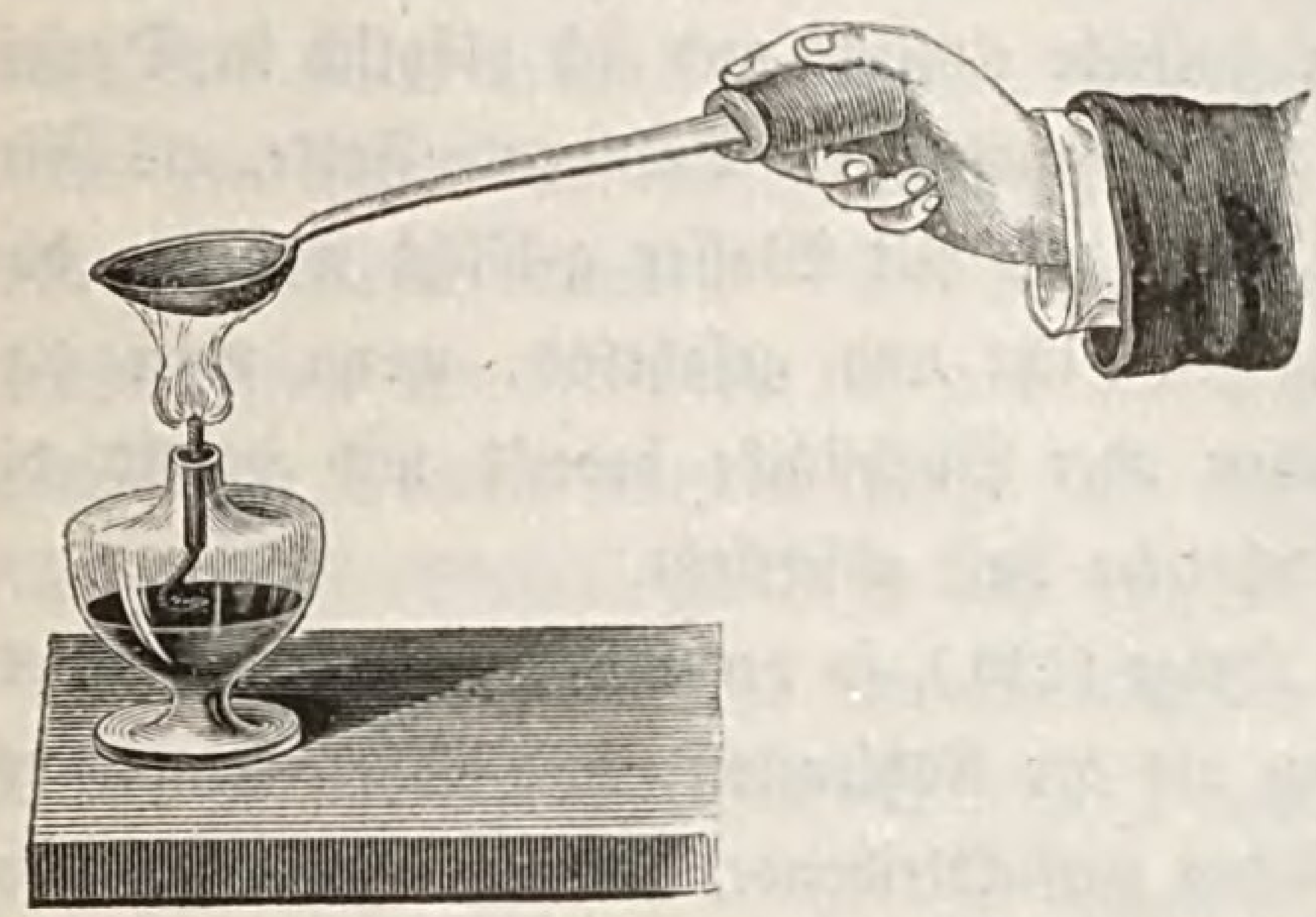
## Veränderung der Fette durch Hitze.

Fette in der Hitze.

528. Versuch. Man erhitze etwas Leinöl über einer Weingeistlampe und untersuche die Temperatur desselben von Zeit zu Zeit mittelst eines Thermometers. Zuerst steigt die Erwärmung rasch bis 100° C., und hält bei diesem Wärmegrade einige Zeit still, während das Oel gelinde siedet; dieses Verhalten erklärt sich daraus, daß in jedem rohen Oele wässerige Theile zugegen sind, die bei 100° C. ver-

dampfen. Sind diese entfernt, so erhöht sich die Temperatur wieder rasch, und zwar bis über 300° C., wo dann das Oel zum zweiten Male zu kochen beginnt, diesmal aber unter Ausstoßung eines weißen Rauches von sehr unangenehmem Geruche. Dieser Dampf besteht aus zersetztem Oel, der Hauptsache nach aus Leuchtgas, und brennt angezündet mit lebhafter Flamme; die Fette sind also **brennbar**, aber nur bei einem Hitzgrade, der hoch genug ist, um sie chemisch zu zersetzen. Fette in der Hitze.

Fig. 214.



Im Großen bereitet man sich häufig Leuchtgas aus Fetten, indem man sie auf ein glühendes eisernes Gefäß tröpfeln läßt, aus dem das erzeugte Gas durch ein Abzugsrohr in ein Sammelgefäß (Gasometer) geleitet wird (**Oelgas**). Oelgas.

529. Jede Lampe, jedes **Licht** ist ein Leuchtgasapparat im Kleinen. Hiebei erfolgt aber die Verbrennung nur unter Beihülfe eines leicht brennbaren Körpers, des Dochtes. Wird ein frisches Licht angesteckt, so entzündet sich zuerst die Baumwolle des Dochtes, und die dadurch entstandene Wärme reicht hin, den zunächst am Dochte befindlichen Talg zu schmelzen; der geschmolzene Talg steigt nun durch Capillarität (106.) in den durch die neben einander liegenden Baumwollenfasern gebildeten Canälen in die Höhe, und erfährt in diesen, oben in der Flamme, eine bis über 300° C. gehende Erhitzung, der zufolge er in Leuchtgas zerlegt wird. Rüb- und Rapsöl, Dotteröl, Baumöl, Talg und Wachs werden am häufigsten als **Beleuchtungsmaterialien** angewendet; neuerdings auch Stearinsäure, Paraffin, Mineralöl oder Photogene und Terpentinöl oder Camphine (441. 560.). Fette als Beleuchtungsmittel.

Fig. 215.



Auslöschen brennender Fette.

530. Versuch. Auf das in dem Löffel brennende Oel lasse man von einem in Wasser getauchten Holzspahne einen Tropfen Wasser herabfallen: das Oel wird unter lebhaftem Grollen umhergespritzt, weil das schwerere Wasser in dasselbe einsinkt und sich plötzlich in Dampf verwandelt, welcher das Oel heraustreibt. Brennende Fette, als Firniß, Speck 2c., dürfen daher nie mit Wasser gelöscht werden; das Auslöschen erfolgt hingegen leicht und gefahrlos, wenn man das Gefäß mit einem Brettchen oder Blechstücke bedeckt und damit die zum Fortbrennen unentbehrliche Luft abschließt.

Brenzliche Fette.

531. Wie bei dem Holze (120.), so verbrennt auch bei den Fetten der Wasserstoff rascher als der Kohlenstoff, und daher kommt es, daß das nach dem Verlöschen zurückbleibende, halbverbrannte Oel kohlenstoffreicher ist und eine dunklere Farbe besitzt. Ein brenzliches Oel dieser Art kommt in den Apotheken unter dem Namen Ziegelöl oder Philosophenöl vor. Bei noch weiterer Erhitzung wird das Leinöl immer schwärzer und zugleich dicker, so daß es endlich die Consistenz eines zähen Breies erlangt; in dieser Gestalt bildet es den künstlichen Vogelleim, mit Ruß vermengt aber die wichtige Druckerschwärze.

## Nähere Bestandtheile der Fette.

Elementarbestandtheile der Fette.

532. Die Aehnlichkeit, welche die Fette beim Verbrennen mit dem Holze zeigen, deutet schon auf eine ähnliche Zusammensetzung hin; in der That haben auch beide Körper gleiche Bestandtheile, nämlich: Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff; nur der Quantität nach findet eine Verschiedenheit Statt; die Fette enthalten nämlich mehr Wasserstoff und viel weniger Sauerstoff als das Holz. Sie gehören sonach mit dem Alkohol und Aether in eine und dieselbe Kategorie: in die der wasserstoffreichen organischen Körper.

Nähere Bestandtheile der Fette.

533. Stearin und Elain. Wir haben jedoch die Fette nicht, wie die Holzfaser oder den Zucker, als gleichartige Körper anzusehen, sondern, wie Chevreul zuerst gezeigt hat, als Gemenge von mehreren einfacheren Fettarten, in welche sich die Fette, ohne chemisch zersetzt zu werden, trennen lassen.

Versuch. Stellt man zur Winterszeit ein Gefäß mit Brennöl in die Kälte, so erstarrt ein Theil davon zu einer festen, talgartigen Masse, während der andere Theil flüssig bleibt; das Oel wird also durch die Kälte in zwei Fette, ein festes und ein flüssiges, geschieden. Das feste Fett hat den Namen Stearin, das flüssigbleibende den Namen Elain erhalten. Durch wiederholtes Erkalten kann der größte Theil des Stearins aus dem Oel ausgeschieden werden. Das gewonnene Stearin wird so lange mit Löschpapier gepreßt, als sich flüssiges Oel (Elain) daraus in das Papier einzieht. Stearin und Elain.

Versuch. Man lege um ein Opodeldocgläschen einen Draht, so daß er ein Paar Handhaben bildet, mittelst deren das Gläschen

Fig. 216.



in ein Töpfchen gehangen werden kann, welches man halb mit Wasser füllt und auf einem Dreifuße erhitzt. In das Gläschen kommt 1 Quentchen Talg und so viel starker Weingeist, am besten absoluter, daß es bis zu $^3/_4$ voll wird. Kocht der Inhalt des Gläschens, so entfernt man die Lampe, läßt das Gläschen noch so lange in dem Wasserbade, bis der geschmolzene Talg sich wieder zu Boden gesetzt hat, und gießt dann den obenauf schwimmenden heißen Weingeist in ein Becherglas. Dieses Auskochen wird noch 3- bis 4mal mit frischem Weingeist wiederholt. Den gesammten Weingeist läßt man bedeckt einige Stunden in kaltem Wasser stehen und filtrirt später das Flüssige von dem ausgeschiedenen grieslichen Pulver ab, welches noch einige Male mit kaltem Weingeist ausgewaschen und an einem luftigen Orte getrocknet wird. Diese nach dem Trocknen schwach glänzende, blättrige Masse ist das Stearin des Rindstalges; das Elain desselben muß man in dem abfiltrirten Weingeist suchen; es bleibt in Gestalt eines dicklichen Oels zurück, wenn man den Weingeist in einer Tasse an einem warmen Ofen verdunsten läßt.

Wie man aus diesen Versuchen ersieht, machen Stearin und

Stearin und Elain. Elain die näheren Bestandtheile der Fette aus, und es wird nun leicht erklärlich, warum manche Fettarten hart oder weich, andere dünnflüssig sind: in den ersteren waltet das feste Stearin vor, in den letzteren das flüssige Elain. Reines Stearin wird erst bei 60° C. flüssig, reines Elain erst in der stärksten Kälte fest. In 1 Pfund Rindstalg befinden sich ungefähr ¾ Pfund Stearin, in 1 Pfund Baumöl kaum ¼ Pfund.

Margarin, Palmitin, Olein. Außer dem Stearin giebt es jedoch auch noch andere feste Fettarten, so namentlich das **Margarin**, welches dem Stearin sehr ähnlich ist, aber etwas leichter schmilzt und insbesondere in den weichen Fetten (Schmalzarten) und fetten Oelen vorkommt; ferner das **Palmitin**, welches den festen Hauptbestandtheil des Palmöls und Cocosöls ausmacht. Ebenso zeigt auch der flüssige Bestandtheil der Firnißöle einige abweichende Eigenschaften von dem Elain und wird deshalb als eine besondere Fettart angesehen, der man den Namen **Olein** beigelegt hat.

Welche weitere Zusammensetzung diese einfachen Fettarten haben, ergiebt sich aus den zwei folgenden Abschnitten.

Zu den **wichtigsten Fetten** gehören folgende:

## A. Pflanzenfette.

### a. Firnißöle (eintrocknende).

Leinöl. 534. **Leinöl.** Der bekannte Leinsamen giebt beim Pressen ⅕ eines gelben Oels, welches durch längeres Ausstellen an das Sonnenlicht allmälig gebleicht werden kann. Es wird am häufigsten zu Oelfirniß benutzt.

Leinölfirniß. **Versuch.** Zu 2 Loth **Leinöl** schütte man ⅓ Quentchen **Bleiglätte** und ½ Quentchen **Bleiessig**, und lasse das Gemenge unter öfterem Umschütteln einige Tage an einem warmen Orte stehen. Die durch Absetzen geklärte Flüssigkeit trocknet jetzt ungleich schneller, als vorher, sie ist der bekannte **Leinölfirniß**, den man, mit Farben verrieben, allgemein zum Anstreichen von Holz, Metall 2c. anwendet. Das sogenannte Wachstuch ist mit Firnißfarbe angestrichener Kattun.

der Wachstaffet gefirnißtes Seidenzeug. Im Großen wird dieser Firniß gewöhnlich so bereitet, daß man 100 Pfund Leinöl mit 1 Pfund Bleiglätte erwärmt und 1 Stunde lang bei einer Temperatur von 100 Graden erhält. Stärkere Hitze macht den Firniß dunkler und dicker, kann auch leicht zum Uebersteigen und somit zu Feuersgefahr Veranlassung geben. Was nach beiden Methoden als schlammiger, weißlicher Bodensatz zurückbleibt, ist eine Verbindung von schleimigen und eiweißartigen Stoffen mit Bleioxyd. Alle Oele enthalten im ungereinigten Zustande schleimige (gummi- und eiweißartige) Theile, die das Trocknen verzögern; durch Bleioxyd werden diese unlöslich gemacht. Der Firniß ist hienach schleimfreies Leinöl. Leinölfirniß.

Wird Leinölfirniß mit Kreide zusammengeknetet, so erhält man einen plastischen Teig, den vielgebrauchten Glaserkitt.

Hanföl, aus Hanfsamen, gelblichgrün, wird ebenfalls zur Bereitung von Firniß, außerdem auch zum Brennen und zur Darstellung der grünen Seife benutzt. Andere Firnißöle.

Mohnöl, aus Mohnsamen, dient als Speiseöl und zur Anfertigung eines sehr hellen Firnisses.

Ricinusöl, aus den Samen der Ricinusstaude, ist ein purgirendes Arzneimittel.

Oel aus Kürbiskernen, Wallnüssen, Leindottersamen 2c.

### b. Schmieröle (klebrig bleibende).

535. Brennöl wird hauptsächlich aus den Samen der Rübsen- und Rapspflanze ausgepreßt. Soll es, ohne Kohle an dem Dochte abzusetzen, brennen, so muß es raffinirt, d. h. von den mitausgepreßten Eiweiß- und Schleimtheilen befreit werden. Dies geschieht hier nicht durch Bleioxyd, sondern durch Schwefelsäure. Brennöl.

Versuch. 2 Loth rohes Brennöl werden mit 8 Tropfen englischer Schwefelsäure versetzt und öfters geschüttelt; nach ½ Stunde mischt man 1 Loth Wasser hinzu, schüttelt das Gemenge abermals einige Zeit tüchtig durch, und stellt es dann einige Tage bei Seite: das nach dieser Zeit obenauf schwimmende Oel ist schleimfrei (raffinirt). Raffiniren des Brennöls.

Raffiniren des Brennöls

Die schleimigen Theile findet man, durch die Schwefelsäure verkohlt und unlöslich gemacht, in dem am Boden des Gläschens abgelagerten Wasser. Durch mehrmaliges Waschen mit Wasser entzieht man dem Oele die ihm noch anhängende Schwefelsäure. Die Schwefelsäure verkohlt bekanntlich alle organischen Körper (173.), manche leichter, andere schwerer, den Schleim leichter, das Oel schwerer; setzt man daher nur so viel Schwefelsäure zum Oele, als zur Verkohlung des Schleimes erforderlich ist, so wird nur dieser zerstört und das Oel bleibt unzersetzt. Bei einer größeren Quantität Schwefelsäure würde auch das Oel angegriffen werden.

Oelkuchen.

Oelkuchen. Die von den Raps-, Lein-, Mohn- und anderen Samen nach dem Abpressen des Oels übrig bleibenden, sehr stickstoffreichen Samenkuchen, in denen noch 6—8 Proc. Oel zurückgehalten werden, stellen ein vortreffliches Viehfutter oder auch Düngemittel dar.

Baumöl.

Baumöl (Olivenöl) wird aus dem Fleische der Oliven, der Früchte des Oelbaums, ausgepreßt. Das feinste, kalt ausgepreßte Provenceröl ist hellgelb, das heißgepreßte, gewöhnliche Baumöl grünlich; diese beiden Sorten werden bekanntermaßen allgemein zur Bereitung von Speisen und zum Einschmieren von Maschinen angewendet. Aus einer dritten, geringeren und dunkleren Sorte bereitet man in Frankreich und Italien die sogenannte Venetianische oder Marseiller Seife.

Andere Schmieröle.

Mandelöl erhält man durch Auspressen der süßen Mandeln. Auch die bitteren Mandeln geben bei kalter Pressung ein gutes Mandelöl, durch heißes Pressen dagegen kann dasselbe blausäurehaltig werden.

Oel aus Haselnüssen, Buchеckern, Pflaumen-, Kirsch- und Aepfelkernen 2c.

Cocosöl, aus den Kernen der Cocosnüsse, ist bei gewöhnlicher Temperatur weich wie Schweinefett, und auch von weißer Farbe, aber von anderem, nicht angenehmem Geruche.

Palmöl, ein gelbes, butterähnliches Fett, kommt ebenfalls von

den Früchten einer Palmenart. Durch Erhitzen bis 130° C. wird der gelbe Farbstoff desselben zerstört (Bleichen durch Hitze). Andere Schmieröle.

Cocosöl und Palmöl werden jetzt in außerordentlichen Mengen zu Seife verarbeitet.

In der Pharmacie finden von Pflanzenfetten noch Anwendung:

Cacaobutter, das talgartige, weiße oder gelbliche Fett der Cacaobohnen, die Ursache der Fettaugen auf der gekochten Chocolade;

Muskatbutter, das gelbe, butterähnliche, angenehm riechende Fett der Muskatnüsse;

Lorbeeröl (Loröl), das schön grüne, schmalzartige Fett der Früchte des Lorbeerbaums.

## B. Thierfette.

536. Die bekannten Zuchtthiere, Kühe, Ziegen und Schafe, liefern uns mehrerlei Arten von Fett: ein härteres, weißes (Talg oder Inselt), das sich in und über dem Fleische derselben absondert; ein weicheres, gewöhnlich gelb gefärbtes, welches sich aus ihrer Milch ausscheidet (Butter); außerdem noch das Markfett und Klauenfett. Talg und Butter.

Hirschtalg ist weiß und hart, wie Schöpsentalg.

Schweineschmalz, Gänseschmalz &c. sind bekannt genug. In früheren Zeiten, wo man glaubte, daß jedes einzelne Thierfett besondere Kräfte in sich berge, wurden in den Apotheken zahllose Arten von dergleichen Fetten vorräthig gehalten; jetzt vertritt das ehrliche Schweinefett die Stelle aller anderen. Butter s. 629. Schmalz.

537. Fischthran wird aus dem Speck von Wallfischen, Delphinen, Seehunden u. a. Fischen ausgebraten. Der in gelinder Wärme ausgeschmolzene Thran hat eine gelbe Farbe, und nur einen schwachen, eben nicht unangenehmen Geruch, der durch starke Hitze oder aus bereits faulig gewordenen Fischen gewonnene dagegen ist dunkelbraun und sehr übelriechend. Als der beste gilt der aus der Leber des Dorschfisches freiwillig ausgelaufene. Der Fischthran ist das beliebteste Einschmiermittel für Leder; außerdem wird er auch als Arzneimittel Fischthran.

und zur Bereitung der schwarzen Schmierseife gebraucht. Er enthält meist ganz kleine Mengen von Jod.

Wallrath. 538. **Wallrath** (Spermaceti), weiß, glänzend und so hart, daß es zu Pulver zerrieben werden kann, findet sich, in besonderen Höhlungen eingeschlossen, in dem Kopfe des Pottfisches. Hauptbestandtheile: Palmitinsäure und Aethal.

Wachs. 539. **Wachs** (Cera) findet sich in geringer Menge in allen Pflanzen, insbesondere in den glänzenden Ueberzügen der Blätter, Stengel und Früchte, z. B. in den Aepfelschalen, namentlich auch in dem Blüthenstaube. Einige Pflanzen Japans und Südamerikas enthalten so viel davon, daß man es durch Auskochen mit Wasser und Pressen daraus abscheidet und unter dem Namen *vegetabilisches* oder *japanisches* Wachs in den Handel bringt. Die Lieferanten unseres gewöhnlichen Wachses dagegen sind die Bienen, die es aus den Pflanzen aufsaugen und zum Baue ihrer Zellen verwenden. Zum Theil mögen diese Insecten ihr Wachs wohl auch aus den zuckerigen Säften der Pflanzen, durch die sie sich ernähren, erzeugen, denn genaue Versuche haben gezeigt, daß die Bienen die Fähigkeit haben, den Zucker, mit dem man sie füttert, in Wachs verwandelt aus ihren Bauchringen wieder auszuschwitzen. Das gelbe Wachs wird zu weißem, wenn man es fein geschabt an die Sonne stellt und öfters mit Wasser begießt. Das gelbe Wachs schmilzt schon bei 62°, das weiße erst bei 70° C. Außer zum Haltbarmachen des Zwirns und zur Beleuchtung wird das Wachs, in Kalilauge aufgelöst, als sogenannte Wachsseife zum Glänzen des bunten Papiers und zum Bohnen der Fußböden, mit Oelen vermischt aber zu Pflastern und Salben (Ceraten) angewendet. Mit heißem Wachs getränktes Papier ist ein gutes Material, um Gefäße damit zu überbinden, von denen man die Feuchtigkeit abhalten will. Soll das Wachs biegsamer und zäher werden, wie wir es in den Wachsstöcken und dem Baumwachs finden, so setzt man ihm etwas Terpentin zu. Hauptbestandtheile des Wachses: Cerotinsäure und Myricin.

Pflanzen-Wachs. Bienenwachs.

## Fette und Alkalien (Seifen).

540. **Harte Seife. Versuch.** Man bereite sich 1) aus 1 Quentchen Aetznatron, wie es jetzt im Handel vorkommt, und 2 Loth Wasser eine starke Natronlauge, und 2) aus 1 Quentchen Aetznatron und 4 Loth Wasser eine schwache Lauge. Die letztere kocht man mit 3 Loth Rindstalg in einem Töpfchen, das von dem Gemenge nur halb angefüllt wird, ½ Stunde gelind und setzt dann nach und nach unter fortdauerndem Kochen die starke Lauge zu. Oel und Lauge vereinigen sich allmälig zu einer gleichförmigen Masse (Seifenleim), die mit der Zeit dick und schaumig wird. Giebt ein Tropfen davon, zwischen den Fingern gedrückt, feste, weiße Blätter, so setzt man ½ Loth Kochsalz hinzu, kocht noch einige Minuten, und läßt dann das Ganze ruhig erkalten. Man erhält eine feste Masse (Seife) und eine wässerige Flüssigkeit, in der das Kochsalz und noch etwas unverbundenes Natron aufgelöst bleiben (Unterlauge). Giebt die erhaltene Seife, mit Wasser gekocht, eine trübe Lösung, so enthält sie noch unverseiften Talg; in diesem Falle übergießt man sie noch einmal mit etwas schwacher Lauge und unterhält das Sieden so lange, bis eine Probe davon sich in Wasser klar löst; dann setzt man wieder Kochsalz zu und läßt erkalten. Die auf diese Weise dargestellte Seife hat dieselbe Zusammensetzung wie die gewöhnliche Hausseife. In neuerer Zeit ersetzt man jedoch häufig den Talg ganz oder theilweise durch Palmöl oder Cocosöl; durch Palmöl, weil dieses billiger ist als Talg; durch Cocosöl, weil dieses Fett der Seife die Eigenschaft ertheilt, sehr stark zu schäumen. Natronseife aus Talg.

Fig. 217.



**Versuch.** Man wiederhole den vorigen Versuch, nur mit der Abänderung, daß man statt des Talges Baumöl anwendet: man Natronseife aus Oel.

wird ebenfalls eine harte Seife gewinnen (Oel- oder Marseiller Seife).

Kaliseife. 541. Weiche Seife. Versuch. Man bereite noch einmal Oelseife, nehme aber dazu statt der Natronlaugen Kalilaugen, die man sich aus Aetzkali und Wasser, wie oben angegeben, darstellt, und unterlasse den Zusatz von Kochsalz: der Seifenleim geht hiebei durch Einsieden nicht in eine harte Seife über, sondern giebt nach hinlänglicher Verdampfung des Wassers eine weiche Masse (Schmierseife oder Kaliseife). In den Kattunfabriken wendet man diese Art von Seife häufig zum Reinigen von gefärbten Zeugen an. Nimmt man statt Baumöl Fischthran, Hanföl oder Leinöl, so erhält man Schmierseife von dunkler Farbe, die man gewöhnlich durch Indig und Curcuma grün färbt (grüne und schwarze Seife).

Ammoniakseife. Das Ammoniak wirkt ungleich schwächer auf die Fette ein, als das Kali und Natron. Schüttelt man fette Oele mit Salmiakgeist zusammen, so erhält man milchähnliche, dickflüssige Mischungen, Linimente, die oft als Einreibungsmittel angewendet werden.

Durch Natron werden aus Fetten harte Seifen gebildet, durch Kali weiche oder schmierig bleibende. Der in beiden Fällen stattfindende chemische Proceß wird sich aus dem Folgenden erklären.

Fettsäuren. 542. Entfernte Bestandtheile der Fette. Die Fette bestehen, wie 533. gezeigt worden ist, aus einem Gemenge von mehren einfachen, theils festen, theils flüssigen Fettarten, von denen das Stearin das verbreitetste feste, das Elain das bekannteste flüssige ist. Diese näheren Bestandtheile der natürlichen Fette können als salzähnliche, gepaarte Körper, d. h. als Verbindungen einer Säure mit einem die Stelle einer Basis vertretenden Paarling angesehen werden. Jedes einfache Fett enthält eine besondere eigenthümliche Säure: das Stearin Stearinsäure, das Elain Elainsäure, das Palmitin Palmitinsäure 2c.; fast alle aber enthalten einen und denselben Paarling, dem man den Namen Glyceryloxyd oder Lipyloxyd gegeben hat.

Fettsäuren.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Stearin | ist | sonach: | stearinsaures Glyceryloxyd, |
| Margarin | » | » | margarinsaures » |
| Palmitin | » | » | palmitinsaures » |
| Elain | » | » | elainsaures » |
| Olein | » | » | oleinsaures » |
| Talg | » | » | ein Gemenge von viel stearinsaurem mit wenig elainsaurem Glyceryloxyd ꝛc. |

Zur Bezeichnung der verschiedenen in den Fetten enthaltenen Säuren überhaupt wird in dem Folgenden immer der allgemeine Name »Fettsäuren« gebraucht werden; Fette im Allgemeinen sind demzufolge als Verbindungen von Fettsäuren mit Glyceryloxyd, oder gleichsam als fettsaure Glyceryloxydsalze, anzusehen (545. und 546.).

Vorgang bei der Seifenbildung.

543. Der Proceß der Seifenbildung gewinnt hiedurch den Charakter einer einfachen Wahlverwandtschaft: die stärkeren Basen, Natron und Kali, verdrängen das schwächere Glyceryloxyd und verbinden sich mit den Fettsäuren zu fettsaurem Natron (Natronseife), oder zu fettsaurem Kali (Kaliseife).

| | |
|---|---|
| Aus Kali u. fettsaurem Glyc.-Oxyd | Aus Natron und fetts. Glyc.-Oxyd |
| wird fetts. Kali u. freies Glyc.-Oxyd | wird fetts. Natron u. fr. Glyc.-Oxyd |
| (Kaliseife). | (Natronseife). |

Das ausgeschiedene, im Wasser lösliche Glyceryloxyd geht in den beiden ersten Fällen in die Unterlauge; bei der Schmierseife aber, wo sich das überschüssige Wasser nicht flüssig von der Seife absondert, sondern durch Verdampfung entfernt wird, bleibt es mechanisch gemengt in der Seife zurück.

Natronseife und Salzwasser.

Wie das Kochsalz wirkt, kann man sehen, wenn man harte Seife in Salzwasser aufzulösen versucht: es erfolgt keine Auflösung, selbst nicht beim Kochen, denn die Seife ist unlöslich in Salzwasser, ebenso auch in starker Lauge; man kann deshalb die Seife aus einer Auflösung in Wasser durch Zusatz von Kochsalz niederschlagen. Diese Scheidungsmethode wird im Großen allgemein angewendet, weil sie eine reinere Seife liefert, als wenn man das Wasser

Natronseife und Salzwasser. durch Verdampfen entfernen wollte; denn in letzterem Falle bleiben Glycerylorydhydrat, überschüssige Lauge und etwaige Verunreinigungen der Laugen oder Fette bei der Seife, während sie bei der ersteren Methode in der sich unten abscheidenden Flüssigkeit (Unterlauge) aufgelöst oder aufgeschwemmt bleiben.

Kaliseife und Salzwasser. 544. Umwandlung der Kaliseife in Natronseife. Versuch. Man löse etwas von der bei 541. erhaltenen Schmierseife in kochendem Wasser auf und streue Salz hinzu: die Seife wird ausgeschieden und sammelt sich auf der Oberfläche des Wassers an; sie wird aber nach dem Erkalten nicht mehr weich sein, sondern hart. Das Kochsalz wirkt hier noch auf eine zweite Weise; es veranlaßt eine Austauschung der Bestandtheile, nämlich:

aus fettsaurem Kali (Kaliseife) und salzsaurem Natron
wird salzsaures Kali und fettsaures Natron (Natronseife).

Wie hier im Kleinen, so verfahren die Seifensieder häufig im Großen; sie bereiten sich aus Holzasche und Kalk (Aescher) Aetzkalilauge, verkochen diese mit Fetten, und wandeln zuletzt die erzeugte weiche Kaliseife durch Kochsalz in harte Natronseife um.

Talgseife und Säuren. 545. Fettsäuren. Versuch. Von der harten Natronseife löse man etwas in heißem Wasser auf und tröpfle so lange Essig hinzu, als eine Trübung entsteht; Essig wie alle anderen Säuren sind stärker als die Fettsäuren, sie entziehen denselben daher die Basis, und die Fettsäuren werden ausgeschieden. Da diese leichter als Wasser und zugleich in Wasser unlöslich sind, so sammeln sie sich oben auf dem Wasser an. Die hier erhaltene Fettsäure gleicht zwar äußerlich dem Talg, daß sie aber nicht Talg ist, ergiebt sich daraus, daß sie auch nach langem Auswaschen noch sauer reagirt (Talg nicht) und sich leicht in heißem Weingeist auflöst (Talg nur sehr schwer). $^3/_4$ davon bestehen aus Stearinsäure, $^1/_4$ aus Elainsäure. Preßt man sie zwischen Löschpapier in einer starken Presse, so zieht sich die letztere in's Papier und die Stearinsäure bleibt zurück.

Stearinsäure. Die Stearinsäure ist härter und spröder als Wachs, blendend weiß, durchscheinend, und schmilzt erst bei 70° C. Man hat jetzt große

Fabrikanlagen, die sich mit der Darstellung derselben beschäftigen und daraus die so beliebt gewordenen Stearinsäurelichter (Milly- oder Brillantkerzen) gießen. Der Stearinsäure sehr ähnlich ist die Margarinsäure. Stearinsäure.

**Versuch.** Man erwärme einige Loth von starkem Weingeist im Wasserbade, werfe zu demselben, wenn er kocht, so viel von einer Stearinsäurekerze, als er aufzulösen vermag, und gieße die Hälfte der erhaltenen Auflösung in kaltes Wasser; die andere lasse man ruhig erkalten: in dem ersteren Falle erhält man die Stearinsäure als eine lockere, seidenartig glänzende Masse, in dem letzteren in Gestalt zarter krystallinischer Blättchen.

Fig. 218.



**Versuch.** Wird zu einer Auflösung einer Oelseife Säure gebracht, so scheidet sich eine ölartige Flüssigkeit aus, die der Hauptmasse nach aus Elainsäure besteht. Oelseife und Säuren.

Die Elainsäure unterscheidet sich von dem Baumöl dem Aeußern nach fast gar nicht, wohl aber dadurch, daß sie sauer schmeckt und reagirt (Baumöl nicht) und sich schon in kaltem Weingeist leicht auflöst (Baumöl nicht). Die aus dem Talg als Nebenproduct in den Stearinsäurefabriken gewonnene Elainsäure kommt jetzt häufig im Handel vor und wird ihrer Billigkeit wegen zur Seifenbereitung und zum Einfetten der Wolle in den Wollspinnereien angewendet. Die in den trocknenden Oelen vorkommende Elainsäure hat den Namen Oleinsäure erhalten. Außer den hier genannten Fettsäuren giebt es noch viele andere. So sind z. B. in dem Butyrin der Butter allein folgende 4 flüchtige Fettsäuren gebunden: Buttersäure, Capronsäure, Caprinsäure und Caprylsäure, u. dgl. m. Elainsäure.

546. Glycerin oder Oelsüß. **Versuch.** Man zersetze die nach 541. erhaltene weiche Seife durch eine Auflösung von Wein- Glycerylornd oder Oelsüß.

Glycerylоxyd oder Oelsüß. säure und lasse die durch Filtriren geklärte wässerige Flüssigkeit an einem warmen Orte eintrocknen. Die übrigbleibende Salzmasse besteht aus saurem weinsauren Kali (Weinstein) und aus dem Paarling der Fettsäuren, dem Glycerylоxyd, welches aber sofort, sowie es frei geworden, durch Aufnahme von Wasser in Glycerin übergeht. Wird diese Masse mit starkem Weingeist übergossen, so löst sich das letztere auf, während das weinsaure Kali ungelöst zurückbleibt.

Das nach dem Verdunsten des Weingeistes übrigbleibende Glycerin hat das Ansehen eines gelben Syrups. Es schmeckt nicht alkalisch, sondern süß wie Zucker, reagirt auch nicht basisch, obgleich es in Wasser löslich ist; es hat also gar nichts Aehnliches mit anderen in Wasser löslichen Basen, z. B. mit Kali oder Natron. Warum man es dennoch als eine Basis ansehen kann, ergiebt sich aus seinem Verhalten gegen Säuren: es kann dies deshalb geschehen, weil es sich mit Säuren in bestimmten Verhältnissen zu salzartigen, gepaarten Körpern verbindet (434.). Der Menge nach macht es nur ungefähr den 10ten bis 12ten Theil der Fette aus; in 1 Pfd. Talg sind höchstens $2^1/_2$ Loth davon enthalten.

Acrolein. **Versuch.** Man wische die Schale, worin sich das wenige Glycerylоxyd, das man erhalten hat, befindet, mit weißem Löschpapier aus und erhitze das letztere in einem Löffel: es wird sich beim Verbrennen daraus ein höchst stechender, die Augen zu Thränen reizender Dampf entwickeln, der vom Glycerin herrührt, welches in der Hitze in einen flüchtigen, überaus scharfen Körper (Acrol oder Acrolein) zerlegt wird. Hieraus erklärt sich der stechende Geruch, den man beim unvollständigen Verbrennen aller Fettarten bemerkt. Recht auffallend zeigt sich dieser Geruch auch da, wo gefirnißte Gegenstände trocknen, z. B. in den Trockenkammern der Wachstuchfabriken; es kann sich dieser flüchtige Stoff also auch schon bei niedrigerer Temperatur aus dem Oelsüß bilden. Aus den reinen Fettsäuren entwickelt sich beim Erhitzen kein Acrolgeruch.

547. Homologe Reihen. Vergleicht man die Bestandtheile der Fettsäuren und einiger anderen Säuren in der Weise mit einander, daß man den darin vorhandenen Sauerstoff als festen Vergleichungspunkt annimmt, so erhält man folgende, auffallend regelmäßige, progressive Scala: Homologe Reihen.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Die | Ameisensäure | besteht aus | $O_4$ | und | $C_2\ H_2$, |
| » | Essigsäure | » » | $O_4$ | » | $C_4\ H_4$, |
| » | Propionsäure (Metacetonsäure) | » » | $O_4$ | » | $C_6\ H_6$, |
| » | Buttersäure | » » | $O_4$ | » | $C_8\ H_8$, |
| » | Baldriansäure | » » | $O_4$ | » | $C_{10}\ H_{10}$, |
| » | Capronsäure | » » | $O_4$ | » | $C_{12}\ H_{12}$, |
| » | Caprinsäure | » » | $O_4$ | » | $C_{20}\ H_{20}$, |
| » | Palmitinsäure | » » | $O_4$ | » | $C_{32}\ H_{32}$, |
| » | Margarinsäure | » » | $O_4$ | » | $C_{34}\ H_{34}$, |
| » | Stearinsäure | » » | $O_4$ | » | $C_{36}\ H_{36}$. |

u. a. m.

Es findet also hier eine stufenweise Vermehrung um $C_2\ H_2$ oder um ein Mehrfaches davon Statt und mit dieser Vermehrung geht auch eine regelmäßige Aenderung der chemischen und physikalischen Eigenschaften dieser Säuren Hand in Hand. Man nennt Zusammenstellungen solcher Art, deren man bereits auch andere ermittelt hat, übereinstimmende oder homologe Reihen.

## Eigenschaften der Seifen.

548. Waschen mit Seife. Die Seifen haben zwei wichtige Eigenschaften: 1) sie lösen Fette und Oele auf, 2) sie zerfallen sehr leicht, schon durch bloße Vermischung mit vielem Wasser, in ein saures Salz und in freies Alkali; das letztere löst bekanntlich die meisten organischen Stoffe auf, das erstere aber bewirkt durch seine Schlüpfrigkeit ein leichtes Wegspülen der gelösten Stoffe von anderen Kör- Waschen mit Seife.

Waschen mit Seife. pern. Auf diesen beiden Eigenschaften beruht die Anwendung der Seife zum Waschen. Das ausgeschiedene saure fettsaure Alkali mildert zugleich die Einwirkung des freien Alkalis und hält die Gegenstände, welche mit Seife gewaschen werden, geschmeidig, während sie spröde werden würden, wenn man sie mit ätzenden Alkalien allein reinigen wollte. Die Fettsäuren sind hienach als Einhüllungsmittel und Träger der Alkalien, wie zugleich als Schutzmittel gegen den Uebergang derselben in den kohlensauren Zustand anzusehen und können, im Hinblick auf ihr Verhalten gegen die Alkalien, gewissermaßen einem Schwamme verglichen werden, der größere Mengen von Wasser aufnimmt, sie aber nur nach und nach wieder abgiebt. Wollene Sachen, die nicht einlaufen sollen, wäscht man, statt mit Seife, mit einer dünnen Auflösung von Soda.

Talgseife und Weingeist. 549. **Seife und Weingeist.** **Versuch.** 1 Quentchen geschabte Talgseife wird mit 2 Loth Weingeist übergossen; beim Erwärmen im Wasserbade löst sich die Seife vollständig auf, die Auflösung gerinnt aber beim Erkalten zu einer durchscheinenden Gallerte. Eine mit Kamphor und Salmiakgeist versetzte Seifengallerte heißt Opodeldoc. Die aus diesem sich abscheidenden weißen Sternchen bestehen aus krystallisirtem stearinsauren Natron. Aehnlich der Talgseife verhalten sich alle aus festen (stearinreichen) Fetten bereiteten Seifen.

Oelseife und Weingeist. **Versuch.** Man löse 1 Quentchen venetianische Seife in 1 Loth Weingeist; diese Lösung gerinnt nicht beim Erkalten; sie bildet den bekannten Seifenspiritus. Durch Verdampfen erhält man daraus eine durchsichtige Seife (Transparentseife). Aehnlich der venetianischen Seife verhalten sich alle aus flüssigen (elainreichen) Fetten bereiteten Seifen.

Seife und Kalkwasser. 550. **Unlösliche Seifen.** **Versuch.** Gießt man zu einer wässerigen Seifenlösung Kalkwasser, so entsteht ein Niederschlag von unlöslicher Kalkseife (Kalkseife.) hieraus erklärt sich warum das meistens kalkhaltige Brunnenwasser (hartes Wasser) mit Seife keine Auflösung

und keinen Schaum giebt, und sonach nicht zum Waschen gebraucht werden kann.

Versuch. Zu einer Auflösung von venetianischer Seife in heißem Wasser tröpfle man so lange Bleiessig (337.), als ein Niederschlag entsteht: man erhält durch doppelte Wahlverwandtschaft essigsaures Natron, welches gelöst bleibt, und fettsaures Bleioxyd, welches sich als eine weiße, klebrige Masse ausscheidet und mit nassen Händen geknetet (malaxirt) und zu Stangen ausgerollt werden kann (Bleiseife oder Bleipflaster). Aus fettsaurem Natron und essigsaurem Bleioxyd wird fettsaures Bleioxyd (Bleipflaster) und essigsaures Natron. Bleiseife oder Bleipflaster.

In den pharmaceutischen Officinen bereitet man dieses unter dem Namen weißer Theakel allgemein bekannte Pflaster auf eine andere Weise, nämlich durch Kochen von Bleiglätte mit Baumöl und etwas Wasser. Hiebei läßt sich als Nebenproduct das Glyceryloxyd leicht und in größerer Menge gewinnen; man braucht nur das fertige Pflaster mit heißem Wasser auszuwaschen und das Wasser zu verdampfen, nachdem man das mitaufgelöste Bleioxyd vorher durch Schwefelwasserstoff niedergeschlagen hat. Wird statt Bleiglätte Bleiweiß (kohlensaures Bleioxyd) mit Oel und Wasser gekocht, so erhält man gleichfalls fettsaures Bleioxyd, indem die Kohlensäure durch die Fettsäuren ausgetrieben wird. Auf diese Weise bereitet man sich das sogenannte Bleiweißpflaster, welches gewöhnlich eine weißere Farbe hat als das vorige, weil es noch etwas mechanisch eingemengtes Bleiweiß enthält. Bleiweißpflaster.

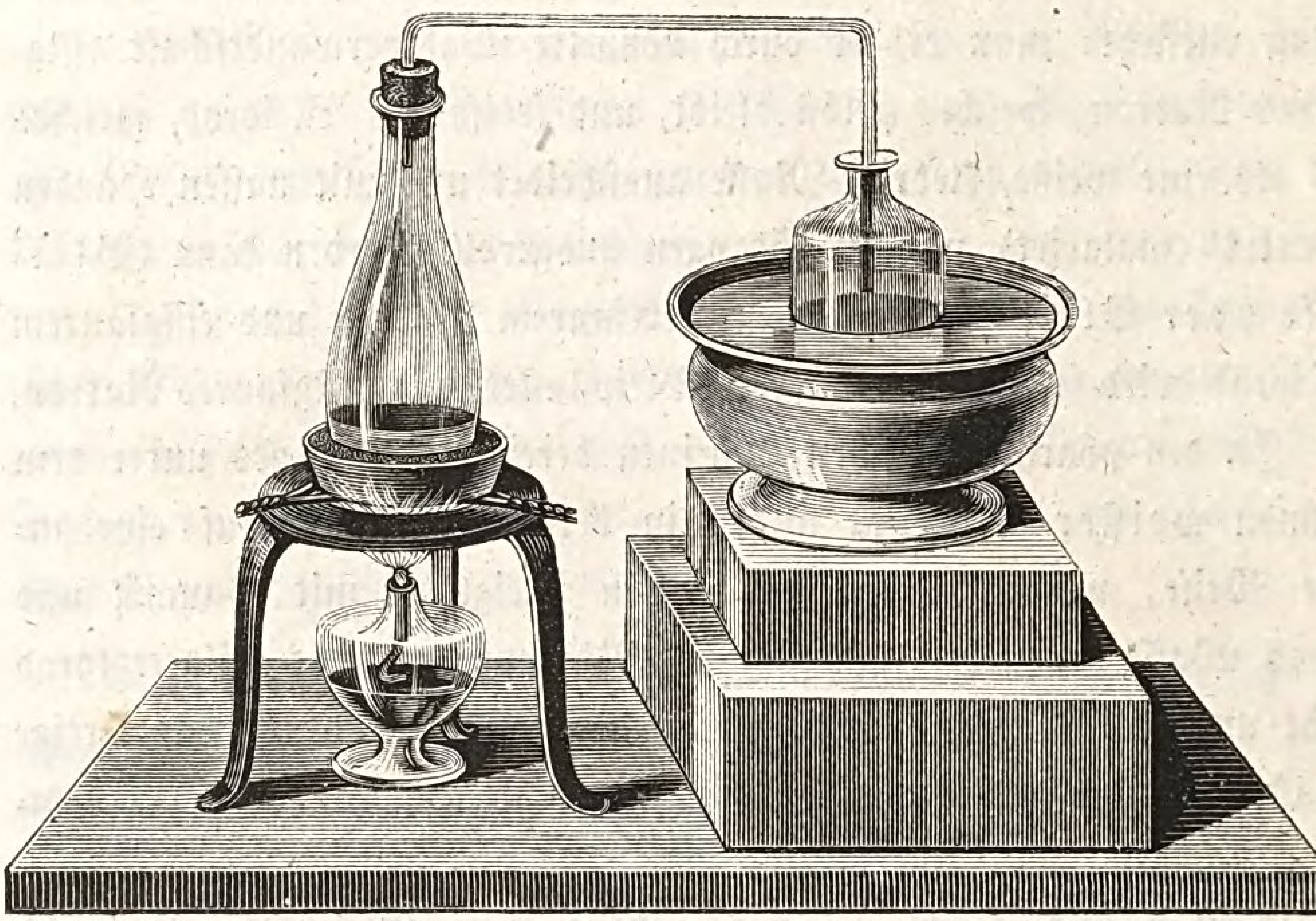
---

## X. Flüchtige oder ätherische Oele.

551. Gewinnung der flüchtigen Oele. Versuch. Zwei Loth Terpentin werden in einem Töpfchen an einen warmen Ort gestellt, und wenn sie dünnflüssig geworden, in ein geräumiges Kochfläschchen geschüttet, mit 8 Loth Wasser übergossen und so lange destillirt, bis ungefähr ¾ des Wassers übergegangen sind. Der Rück- Terpentinöl.

Terpentinöl. stand wird noch heiß in kaltes Wasser ausgegossen, worin der von dem Terpentin übrig gebliebene nichtflüchtige Theil zu einer festen

Fig. 219.



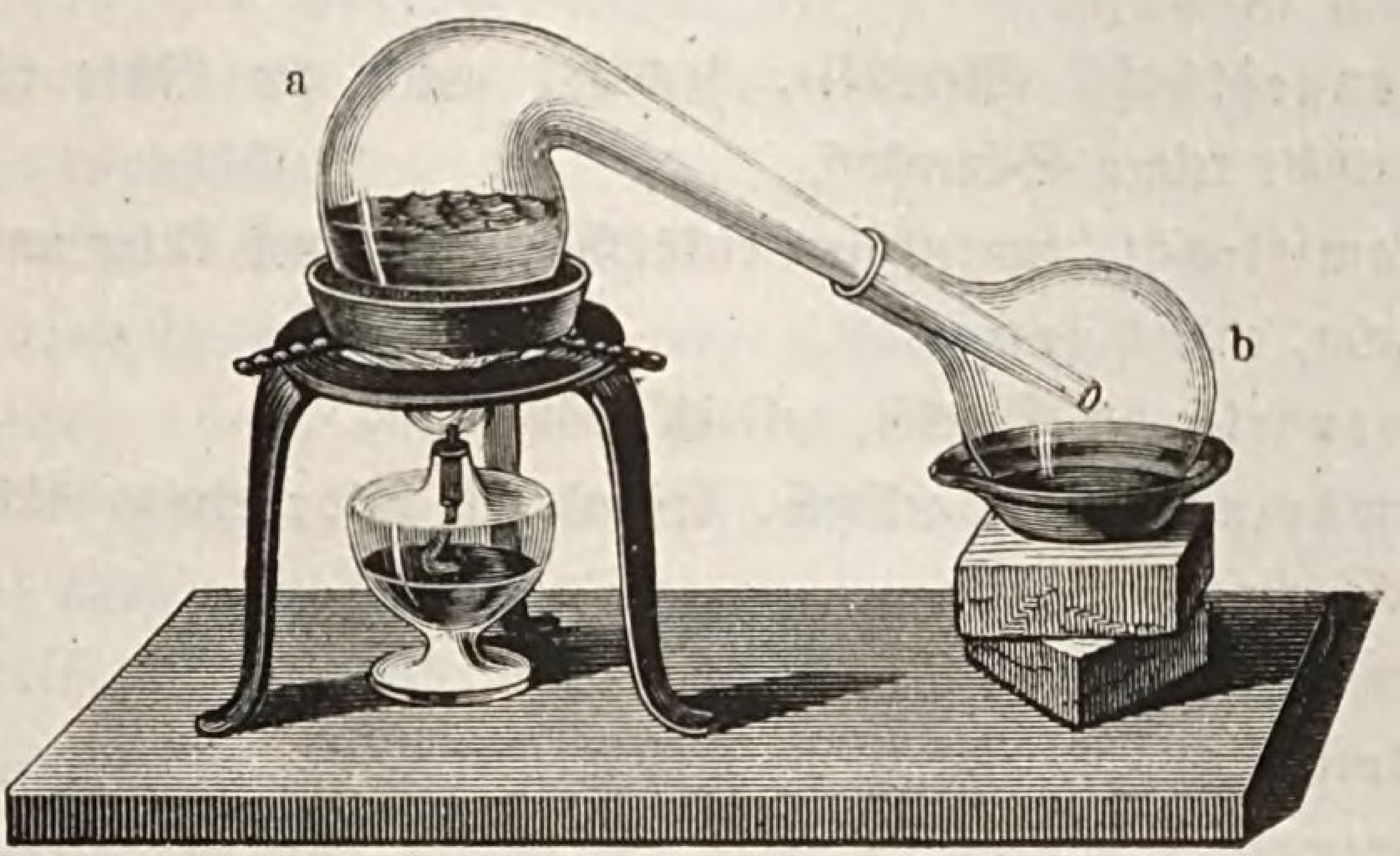
Masse, zu Harz, erstarrt. Auf dem überdestillirten Wasser schwimmt eine starkriechende, farblose Flüssigkeit, ein flüchtiges Oel, bekannt genug unter dem Namen Terpentinöl. Der Terpentin, ein Saft, der aus Fichten, Lärchenbäumen und anderen Nadelhölzern ausfließt, wenn man den Bast derselben durchschneidet, ist also ein Gemenge von Harz und Terpentinöl; das letztere wird durch die Hitze, zugleich mit dem Wasser, in Dampf verwandelt und durch Abkühlung wieder zu einer Flüssigkeit verdichtet.

Kümmelöl. **Versuch.** Man destillire auf ähnliche Weise 1 Loth Kümmelsamen, den man vorher in einem Mörser zerquetscht hat, mit 8 Loth Wasser aus einer Retorte (Fig. 220), bis 4 Loth Wasser übergegangen sind. Die auf dem Wasser schwimmenden Tropfen sind gleichfalls ein flüchtiges Oel, Kümmelöl; sie haben den Geschmack und Geruch des Kümmelsamens in verstärktem Maaße, während der in der Retorte

gebliebene Rückstand kaum noch danach schmeckt und riecht. Alle flüchtigen Oele besitzen einen brennenden Geschmack und fühlen sich

Kümmelöl.

Fig. 220.




rauh an (die fetten Oele schmecken mild und sind schlüpfrig anzufühlen).

## Verschiedene Arten von flüchtigen Oelen.

552. Wo immer wir an einer Pflanze Geruch bemerken, können wir annehmen, daß darin ein flüchtiges Oel vorhanden ist, welches allmälig verdampft. Wie unglaublich vertheilt und verdünnt dieses aber in manchen Gewächsen sein müsse, läßt sich daraus schließen, daß in 100 Pfund frischen Rosen- oder Orangenblüten kaum ½ Loth flüchtiges Oel enthalten ist. Am häufigsten finden wir die flüchtigen Oele in den Blumen und Samen, außerdem aber auch in den Stengeln und Blättern, seltener in den Wurzeln. Sie werden fast ohne Ausnahme auf dieselbe Weise, wie das Terpentinöl und Kümmelöl, durch Destillation der Pflanzentheile mit Wasser gewonnen. Das in den Schalen einiger Früchte, als der Citronen, Apfelsinen, Limonen ꝛc., enthaltene Citronen- und Bergamottenöl nur macht eine Ausnahme, indem es durch Aufritzen und Auspressen der frischen Schalen erhalten wird.

Vorkommen der flüchtigen Oele.

Flüchtige Oele aus Blüten.

553. Von den bekannteren flüchtigen Oelen kommen

a) Aus der Blüte:

Rosenöl, gelblich, dickflüssig, mit darin schwimmenden, talgähnlichen Blättchen.

Orangeblütöl (Neroliöl), farblos; wird am Lichte röthlich, enthält keinen Sauerstoff.

Chamillenöl, dunkelblau, dickflüssig; wird durch Alter und Licht grün, endlich braun.

Lavendel- oder Spieköl, gelblich, dünnflüssig.

Gewürznelkenöl, gelblich, bräunt sich bald; etwas dickflüssig, schwerer als Wasser.

Flüchtige Oele aus Samen und Früchten.

b) Aus Samen und Früchten

Kümmelöl, farblos; wird mit der Zeit gelblich, endlich braun.

Anisöl, gelblich; gerinnt schon bei + 12°.

Fenchelöl, farblos oder gelblich; gesteht ebenfalls leicht zu einer festen Masse

Dillöl, gelb; bräunt sich am Lichte.

Muskatöl, blaßgelb, dünnflüssig; vom Geruche der Muskatnüsse.

Bittermandelöl, gelb, schwerer als Wasser; enthält Blausäure und ist daher sehr giftig; durch Einsaugung von Sauerstoff aus der Luft verwandelt es sich in Benzoesäure. Ein dem Bittermandelöl ganz ähnlich riechendes Oel (Nitrobenzol) stellt man jetzt auch aus dem Steinkohlentheer dar und wendet es als Parfüm an.

Senföl, gelblich, von äußerst scharfem, die Augen zu Thränen reizendem Geruche; enthält Schwefel.

Wachholderbeeröl, farblos; enthält keinen Sauerstoff.

Lorbeeröl, weiß oder gelblich, dickflüssig.

Sadebaumöl, farblos oder gelblich, dünnflüssig; enthält keinen Sauerstoff.

Petersilienöl, blaßgelb; trennt sich beim Schütteln mit Wasser

in ein leichtes, flüssiges und in ein schweres, festes, krystallinisches Oel. Flüchtige Oele aus Samen und Früchten.

Citronenöl, aus der Schale der Citronen, ist sauerstofffrei.

Pomeranzenschalenöl, enthält ebenfalls keinen Sauerstoff.

Bergamottenöl, aus der Schale der Bergamotten, blaßgelb, sehr dünnflüssig.

c) Aus Blättern und Zweigen: Flüchtige Oele aus Blättern und Zweigen.

Krausemünzöl, wasserhell oder gelblich; wird mit der Zeit braun.

Pfeffermünzöl, wasserhell oder gelblich, sehr dünnflüssig; kommt jetzt häufig sehr schön aus Amerika.

Melissenöl, blaßgelb; von citronenähnlichem Geruche.

Majoranöl, gelblich oder bräunlich.

Thymianöl, frisch gelblich oder grünlich, alt braunroth.

Salbeiöl, frisch gelblich oder grünlich, alt braunroth.

Wermuthöl, dunkelgrün; wird am Lichte bald braun oder gelb und dickflüssig.

Rosmarinöl (Anthosöl), wasserhell, sehr dünnflüssig; ist nächst dem Terpentinöl das billigste flüchtige Oel.

Cajaputöl, aus den Blättern eines molukkischen Baumes; das reine ist farblos, das rohe gewöhnlich grün und oft kupferhaltig, der Geruch kamphorartig.

Rautenöl, blaßgelb oder grünlich.

Zimmtöl, gelb, bräunt sich bald an der Luft, schwerer als Wasser.

Terpentinöl, das gemeinste der flüchtigen Oele, ist in allen unseren Nadelhölzern enthalten und fließt aus diesen, mit Harz gemengt, als Terpentin aus (568.). Gereinigt ist es farblos, dünnflüssig und riecht eigenthümlich durchdringend; es enthält keinen Sauerstoff. Eine ordinäre, unangenehm brenzlich riechende Sorte davon, die bei der Pechbereitung aus dem Fichtenharze gewonnen wird, ist das bekannte Kienöl.

Kamphor kommt als eine feste, weiße, krystallinische, starkriechende

Masse im Handel vor, die man aus dem Holze des in Japan und Ostindien wachsenden Kamphorbaumes durch Destillation mit Wasser oder durch Sublimation darstellt.

Flüchtige Oele aus Wurzeln. d) Aus Wurzeln:

Kalmusöl, gelb oder bräunlich.

Baldrianöl, blaßgelb oder grünlich; wird an der Luft schnell braun und dickflüssig.

Sehr merkwürdig ist es, daß wir zuweilen in einer und derselben Pflanze mehrerlei Oele antreffen; so finden wir z. B. in dem Pomeranzenbaume dreierlei verschiedene Oele: in den Blättern ein anderes als in den Blüten, und in diesen wieder ein anderes als in den Schalen der Frucht.

Oele durch Gährung; Fermentolea. 554. Gährungsöle. **Versuch.** Wird Tausendgüldenkraut mit Wasser übergossen und so lange an einen mäßig warmen Ort gestellt, bis eine Gährung eingetreten ist, so entwickelt sich aus dem zuvor geruchlosen Kraute ein sehr durchdringender Geruch, der von einem flüchtigen Oele herrührt, welches sich bei der Gährung erzeugt. Auf ähnliche Weise bekommen die frisch geruchlosen Blätter der Tabackspflanze durch das sogenannte Schwitzen den bekannten Tabacksgeruch. Man nennt die Oele dieser Art, die sich auch aus vielen anderen geruchlosen Pflanzen durch Gährung erzeugen lassen, Fermentolea.

Fuselöl. Die bei der Gährung von Kartoffeln und Korn in den Branntweinbrennereien sich entwickelnde, unangenehm riechende, öläbnliche Flüssigkeit, das sogenannte Fuselöl, welche mit dem Branntwein oder Spiritus zum Theil überdestillirt und diesen Flüssigkeiten den bekannten Fusel-Geschmack und Geruch ertheilt, verhält sich zwar ihren äußeren Eigenschaften nach auch wie ein Oel, muß aber, ihrer chemischen Constitution wegen, zu den Alkoholarten gezählt werden (458. 519.).

Brenzliche Oele. 555. Brenzliche Oele. Endlich erzeugen sich auch ölartige flüchtige Körper bei der trocknen Destillation von Pflanzen- und Thierstoffen; aus dem Holze z. B. Holztheeröl, aus den Steinkohlen Steinkohlentheeröl, aus den Braunkohlen und Torf Photogene oder Mineralöl, aus den Knochen ätherisches Stink- oder Thieröl, aus dem

Bernstein Bernsteinöl ꝛc. Sie zeichnen sich sämmtlich durch einen höchst unangenehmen Geruch aus und sind Gemenge von vielerlei flüchtigen Stoffen. Man nennt sie flüchtige brenzliche oder empyreumatische Oele. Brenzliche Oele.

Aehnlicher Art ist auch das Stein- oder Peteröl (petron — der Fels), welches an manchen Orten in Asien aus der Erde quillt, in der es auf eine uns noch unbekannte Weise gebildet wird. Die rothe Farbe, die dieses als Einreibungsmittel sehr beliebte Oel oft im Handel hat, erhält es durch Zusatz von Alkannawurzel. Steinöl.

## Nähere Bestandtheile der flüchtigen Oele.

556. Alle diese Oele sind bei gewöhnlicher Temperatur flüssig, mit Ausnahme des Kamphors, der erst bei 175° C. schmilzt, unter dieser Temperatur aber eine weiße, feste, krystallinische Masse bildet. Kühlt man die flüchtigen Oele ab, so scheidet sich aus ihnen, oft schön krystallisirt, ein fester, weißer, kamphorartiger Stoff ab, den man Stearopten genannt hat, im Gegensatze zu dem flüssig bleibenden Theile, welcher Elaeopten heißt. Hienach bestehen auch die flüchtigen Oele, ähnlich wie die fetten, aus zwei näheren Bestandtheilen, von denen der eine fest und krystallisirt, der andere aber nur als eine Flüssigkeit erhalten werden kann. Manche Oele, z. B. das Rosenöl und Anisöl, sind so reich an Stearopten, daß sie bei der Aufbewahrung in kühlen Gewölben zu einer gallertartigen Masse gerinnen. Nähere Bestandtheile d. fl. O. Stearopten. Elaeopten.

## Elementarbestandtheile der flüchtigen Oele.

557. Die flüchtigen Oele zerfallen nach den Elementen, woraus sie zusammengesetzt sind, in drei Klassen: Elementar-Bestandtheile d. fl. O.

a) in sauerstofffreie (2elementige); diese bestehen nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff ($C_5 H_4$), so daß man sie als verdichtetes Leuchtgas ansehen könnte. Hieher gehören: Terpentin-, Wachholder-, Sadebaum-, Citronen-, Pomeranzen- und Steinöl u. a.;

b) in sauerstoffhaltige (3elementige), die außer Kohlenstoff und Wasserstoff auch Sauerstoff enthalten; diese Zusammensetzung haben die meisten übrigen flüchtigen Oele.

Elementar-Bestandtheile d. fl. O. c) in schwefelhaltige, welche aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Schwefel (theils mit, theils ohne Stickstoff) zusammengesetzt sind. Die hieher gehörigen Oele zeichnen sich durch einen sehr heftigen, zu Thränen reizenden Geruch und durch eine große Schärfe aus, derzufolge sie, auf die Haut gebracht, Blasen ziehen. Hieher gehören: Senföl, Meerrettig-, Löffelkraut-, Knoblauch-, Hopfenöl u. e. a.

Von diesen Elementen ist gewöhnlich (der Atomzahl nach) der Wasserstoff vorherrschend; man zählt die flüchtigen Oele deswegen zu den wasserstoffreichen organischen Substanzen.

## Eigenschaften der flüchtigen Oele.

Verdunstung d. fl. O. 558. **Versuch.** Man tröpfle einen Tropfen irgend eines flüchtigen Oels auf ein Blatt Papier und lasse letzteres an der Luft liegen: das Papier bekommt erst einen scheinbaren Fettfleck, dieser verschwindet aber mit der Zeit wieder, weil das Oel allmälig verdunstet. Der Name flüchtige oder ätherische Oele erklärt sich hieraus von selbst; ebenso das Verschwinden des Kamphors beim Liegen an der Luft.

Legt man das geölte Papier auf einen warmen Ofen, so geht die Verdunstung viel schneller vor sich. Auf diese Weise werden wohlriechende Oele benutzt, um die Zimmerluft zu parfümiren. Gewöhnlich benetzt man ein Gemenge von fein geschnittenen Blumen, Hölzern und Rinden mit den Oelen und streut dieses als Räucherpulver auf den Ofen.

Kochen d. fl. O. 559. **Versuch.** Man erhitze ½ Loth Terpentinöl in einem Töpfchen bis zum Kochen: ein eingetauchtes Thermometer wird darin ungefähr 150° C. zeigen; das Terpentinöl braucht demnach ½mal mehr Wärme zum Sieden als das Wasser. Andere Oele kochen oft noch schwerer. Durch einen brennenden Holzspahn läßt sich der Dampf entzünden und brennt mit einer intensiven, rußenden Flamme; durch Zudecken des Gefäßes mit einem Brettchen wird diese leicht wieder ausgelöscht, keineswegs aber darf man Wasser zum Löschen

brennender Oele anwenden. Das Oel wird nun vom Feuer entfernt, nach dem Erkalten mit etwas Wasser vermischt und abermals erhitzt; so lange noch Wasser zugegen ist, wird die Hitze der Flüssigkeit nicht über 100° C. steigen. Der aufsteigende Dampf ist ein Gemenge von luftförmigem Wasser und luftförmigem Oele; es tritt hiebei der schon oben erwähnte Fall ein: das schwer flüchtige Oel verdampft mit dem leichter flüchtigen Wasser. Bei dem Kochpunkte des Wassers bleiben die Oele unverändert, bei ihrem eigenen Kochpunkte dagegen (bei 140° bis 200° C.) werden sie nicht selten etwas brenzlich; dies der Grund, warum man bei der Gewinnung von Oelen, wie beim Umdestilliren (Rectificiren) derselben, immer Wasser zusetzt. Kochen d. fl. O.

560. **Versuch.** Einige Tropfen Terpentinöl werden auf einen Holzspahn gebracht und einer Lichtflamme genähert; ein Stückchen Kamphor wird auf Wasser gelegt und mit einem brennenden Holzspahn berührt: beide Körper werden sich *entzünden* und mit stark leuchtender und rußender Flamme *verbrennen*. Die flüchtigen Oele sind ungleich leichter brennbar als die fetten Oele, welche, um mit Flamme zu brennen, bis auf 350° C. erhitzt werden müssen. In dem Terpentinöl hat man hienach ein bequemes Mittel, um Oellampen schnell anzuzünden; man hat dann nur nöthig, den Docht der letzteren mit einigen Tropfen Terpentinöl zu bepinseln. Das durch Rectification über Kalk oder Soda vollkommen harz- und wasserfrei dargestellte Terpentinöl bildet jetzt, unter dem Namen *Camphine*, ein Beleuchtungsmaterial, welches in besonders hiezu eingerichteten Lampen verbrannt wird. Brennbarkeit d. fl. O.

**Versuch.** 1 Loth absoluter *Weingeist* wird mit ½ Quentchen *Terpentinöl* vermischt und in eine Spirituslampe gegossen; das Gemisch giebt angezündet eine stark leuchtende, aber nicht mehr rußende Flamme, da aller Kohlenstoff des Terpentinöls durch die Hitze des brennenden wasserstoffreichen Weingeistes zuerst in Leuchtgas, dann in Kohlensäure (und Wasser) verwandelt wird. Man wendet dieses Gemenge in neuerer Zeit zur Beleuchtung an und bedient sich dazu eigenthümlicher Lampen, die so eingerichtet sind, daß die Flüssig- Oelgaslampen.

keit darin verdampft und der aus mehren feinen Oeffnungen ausströmende Dampf angezündet wird. Hievon haben sie den Namen Oelgaslampen erhalten.

Flüchtige Oele und Wasser. 561. Flüchtige Oele und Wasser. Versuch. Man tröpfle einige Tropfen Kümmelöl auf Wasser: das Oel schwimmt oben auf, ohne sich mit dem Wasser zu vermischen, denn die meisten flüchtigen Oele sind leichter als Wasser; man hat aber auch einige, namentlich das Zimmt-, Nelken- und Bittermandelöl, die schwerer sind als Wasser und daher darin untersinken.

Wird das Gemisch tüchtig durchgeschüttelt, so trübt sich das Wasser, weil das Oel sich dadurch in kleine unsichtbare Tröpfchen zertheilt, die in dem Wasser schwebend erhalten werden. Durch Filtriren kann man das Wasser wieder klären, es behält aber den Geruch und Geschmack des zugesetzten Oels, da eine kleine Quantität davon aufgelöst bleibt. In den Apotheken werden viele solcher Auflösungen unter dem Namen medicinische oder destillirte Wässer als Heilmittel vorräthig gehalten. Es ist gut, sie gegen das Licht geschützt und in vollen Gefäßen aufzubewahren, da Licht und Luft zersetzend auf die flüchtigen Oele einwirken. Gewöhnlich bereitet man sich dieselben durch Destillation der ölhaltenden Pflanzentheile mit Wasser, weil dadurch eine innigere Verbindung des Wassers mit dem Oele erhalten wird, als durch bloßes Schütteln.

Destillirte Wässer.

Fl. Oele und Weingeist. 562. Flüchtige Oele und Weingeist. Versuch. Zu 2 Loth starken Weingeistes bringe man einen Tropfen Kümmelöl: es löst sich leicht und vollständig. Alle flüchtigen Oele sind in Weingeist löslich, die meisten schon in 80grädigem, die sauerstofffreien, wie Terpentin-, Citronenöl 2c., nur in absolutem. Wird die Lösung mit 2 Loth Wasser versetzt, in dem man zuvor 1 Loth Zucker gelöst hat, so erhält man Kümmelliqueur. Auf diese Weise bereitet man sich jetzt allgemein mit Hülfe der verschiedenen gewürzhaften Oele die zahllosen im Handel vorkommenden Liqueure (Liqueurbereitung auf kaltem Wege). Früher stellte man sich dieselben aus den gewürzhaften Samen, Blüthen, Kräutern 2c. selbst dar, indem man diese

Liqueure.

mit Branntwein übergoß und den Branntwein wieder abdestillirte oder abzog, wobei gleichfalls eine geistige Lösung von ätherischem Oele gewonnen wurde. Hievon schreibt sich der alte Name abgezogene Branntweine her. Liqueure.

Versuch. In 1 Loth starken Weingeistes werden einige Tropfen Bergamott-, Orangenblüth-, Lavendel- und Rosmarinöl aufgelöst; man erhält einen Spiritus von sehr angenehmem Geruche. Auf ähnliche Weise werden die unzähligen Parfümerieartikel zusammengesetzt, an deren Spitze das bekannte Eau de Cologne steht. Auch der Räucherspiritus, der oft statt des Räucherpulvers auf eine warme Ofenplatte gesprengt wird, hat eine ähnliche Zusammensetzung. Der als äußeres Heilmittel viel gebrauchte Kamphorspiritus ist gleichfalls eine Lösung von Kamphor in Weingeist. Parfums. Räucherspiritus.

563. Außer vom Weingeist werden die flüchtigen Oele auch von Aether und concentrirter Essigsäure aufgelöst. Eine Lösung von Nelken-, Zimmt-, Bergamott- und Thymianöl in Essigsäure findet ihres erfrischenden Geruches wegen als Riechessig Anwendung. Riechessig.

Ebenso lassen sich die flüchtigen Oele mit fetten Oelen, wie mit Talg- und Schmalzarten vermischen; man kann durch sie daher den letzteren, wie z. B. bei Haarölen, Pomaden 2c. einen angenehmen Geruch ertheilen, oder auch Fettflecke aus Zeugen auflösen und entfernen. Mit Weingeist versetzte flüchtige Oele geben, mit Baumöl geschüttelt, eine trübe, milchige Flüssigkeit, weil der Weingeist sich in dem Baumöle nicht auflöst; dies Verhalten kann benutzt werden, um käufliche Oele auf ihre Reinheit zu prüfen. Fl. Oele und Fette.

564. Versuch. Man reibe ein Stück Zucker einige Zeit an der Schale einer frischen Citrone: der harte Zucker zerreißt die Zellen, in denen das Citronenöl eingeschlossen ist, und das Oel zieht sich in die Poren des Zuckers ein. Das aus letzterem erhaltene Pulver wird Oelzucker (Elaeosaccharum) genannt. In der Pharmacie bereitet man sich solche Mischungen gewöhnlich durch inniges Verreiben von Zuckerpulver mit flüchtigen Oelen. Oelzucker.

Fl. Oele und Jod.

565. **Versuch.** Bringt man einige Tropfen Terpentinöl auf Jod, so entsteht ein lebhaftes Aufsprühen, indem ein Theil Wasserstoff ausgetrieben wird, an dessen Stelle Jod tritt. Dieselbe Verpuffung erfolgt durch alle sauerstofffreien Oele, nicht aber durch die sauerstoffhaltigen; man kann dieses Verhalten daher als eine, obwohl nicht sehr genaue Probe benutzen, um zu erfahren, ob die Oele der letzteren Klasse etwa mit Terpentinöl verfälscht worden sind.

Fl. Oele an der Luft.

566. **Verharzen der flüchtigen Oele. Versuch.** Man lasse etwas Terpentinöl in einer mit Papier bedeckten Tasse einige Wochen an der Luft stehen, und stelle die Tasse nachher an einen warmen Ort, um das Oel zu verdampfen: es wird sich nicht mehr vollständig verflüchtigen, sondern einen anfangs klebrigen, später glasähnlichen Rückstand hinterlassen. Dieser Rückstand ist Harz. Alle flüchtigen Oele verharzen, weil sie an der Luft allmälig Sauerstoff einsaugen, welcher, ähnlich wie bei der Umwandlung des Weingeistes in Essig, sich zuerst mit einem Theile des Wasserstoffs der Oele zu Wasser verbindet, dann aber zu dem Oel selbst tritt. Der Weingeist wird an der Luft durch Wasserstoffentziehung zu Aldehyd, dann durch Sauerstoffaufnahme zu Essigsäure; die flüchtigen Oele werden auf ähnliche Weise an der Luft erst zu Terpentinen (Gemenge von flüchtigem Oel und Harz), dann zu Harzen. Terpentinöl besteht aus $C_{20}H_{16}$, Harz aus $C_{20}H_{15}O_2$; das erstere braucht also nur 1 Atom Wasserstoff abzugeben und 2 Atome Sauerstoff aufzunehmen, um sich in Harz umzuwandeln. Hieraus erklärt sich auf eine einfache Weise, warum die flüchtigen Oele bei längerer Aufbewahrung, und zwar in großen und nur theilweise angefüllten Gläsern schneller als in kleinen, nach und nach zähe und geruchlos werden, und warum die an den Standgefäßen derselben äußerlich herablaufenden Tropfen zu einer erst klebrigen, dann harzigen Masse eintrocknen. Altes Terpentinöl taugt aus diesem Grunde nicht zum Fleckausmachen, da es zwar das auf den Zeugen eingetrocknete alte Fett oder Harz auflöst, dafür aber neue Harzflecke zurückläßt.

Verwandlung der fl. Oele in Harz.

Sehr schnell werden die flüchtigen Oele in nichtflüchtige, harz-

artige Körper durch Vermischung mit der sauerstoffreichen Salpetersäure verwandelt. Gleichzeitig entstehen dabei zuweilen eigenthümliche organische Säuren, z. B. aus Terpentinöl Terpentinsäure, aus Kamphor Kamphorsäure &c. Manche solcher Säuren erzeugen sich auch neben dem Harze und anderen eigenthümlichen Stoffen von selbst bei langem Stehen der Oele an der Luft, z. B. in dem Zimmtöl die Zimmtsäure, oder finden sich gleich fertig gebildet in den flüchtigen Oelen, z. B. im Nelkenöl die Nelkensäure &c. Verwandlung der fl. Oele in Säure.

567. Das metallische Arsenik riecht nicht; das mit Sauerstoff verbundene Arsenik (arsenige Säure) riecht ebenfalls nicht: wir bemerken den auffallenden Knoblauchgeruch nur in dem Momente, in welchem das Arsenik sich eben mit dem Sauerstoff verbindet. Aehnlich scheint es sich mit dem Geruche der flüchtigen Oele zu verhalten, so daß man annehmen kann, er entstehe dadurch, weil und während die Oele sich mit dem Sauerstoff der Luft verbinden. Frisch und bei Abhaltung der Luft destillirte Oele und alte verharzte Oele riechen entweder gar nicht oder ganz anders als gewöhnlich. Geruch der fl. Oele.

---

## XI. Harze und Gummiharze.

### (Resinae et Gummiresinae.)

568. Terpentine und Balsame. Wer einmal in einem Fichten- oder Tannenwalde gewesen ist, der hat gewiß den gelben durchsichtigen Saft, der honigähnlich aus diesen Bäumen tropft, bemerkt, vielleicht auch gefunden, daß er zwischen den Fingern klebt und sich durch bloßes Wasser nicht wieder von letzteren wegwaschen läßt. Dieser Saft ist Terpentin. Durch Einschnitte, die man in die Bäume macht, erhält man ihn in größerer Menge. Der aus unseren Fichtenarten gewonnene ist trübe und sehr dickflüssig und führt im Handel den Namen gemeiner Terpentin; mit dem Namen venetianischer Terpentin dagegen bezeichnet man die durch- Terpentin.

Terpentin. sichtigere und dünnere Sorte, die man aus den Lärchenbäumen gewinnt. Eine noch feinere Qualität, die von der amerikanischen Balsamfichte herstammt, hat den Namen canadischer Balsam bekommen.

Balsame. Die Benennung Balsame führen auch noch mehre andere harzige Pflanzensäfte, die aus Bäumen der heißen Zone ausfließen oder ausgekocht werden. Die bekanntesten davon sind: der gelbliche Copaivabalsam, ein wichtiges Arzneimittel; der schwarzbraune peruvianische Balsam, und der graubraune Storaxbalsam (flüssiger Storax), welche zwei letzteren ihres angenehmen vanillenartigen Geruchs halber, als Räuchermittel ꝛc. häufige Anwendung finden.

Alle diese Terpentine und Balsame sind als Auflösungen von Harzen in flüchtigen Oelen anzusehen, in welche zwei Bestandtheile sie getrennt werden, wenn man sie, wie es 551. angegeben wurde, mit Wasser destillirt. Dasselbe geschieht, wenn man sie in einem offenen Gefäße längere Zeit in der Wärme stehen läßt, nur mit dem Unterschiede, daß das Oel in diesem Falle verfliegt und sich in der Luft ausbreitet.

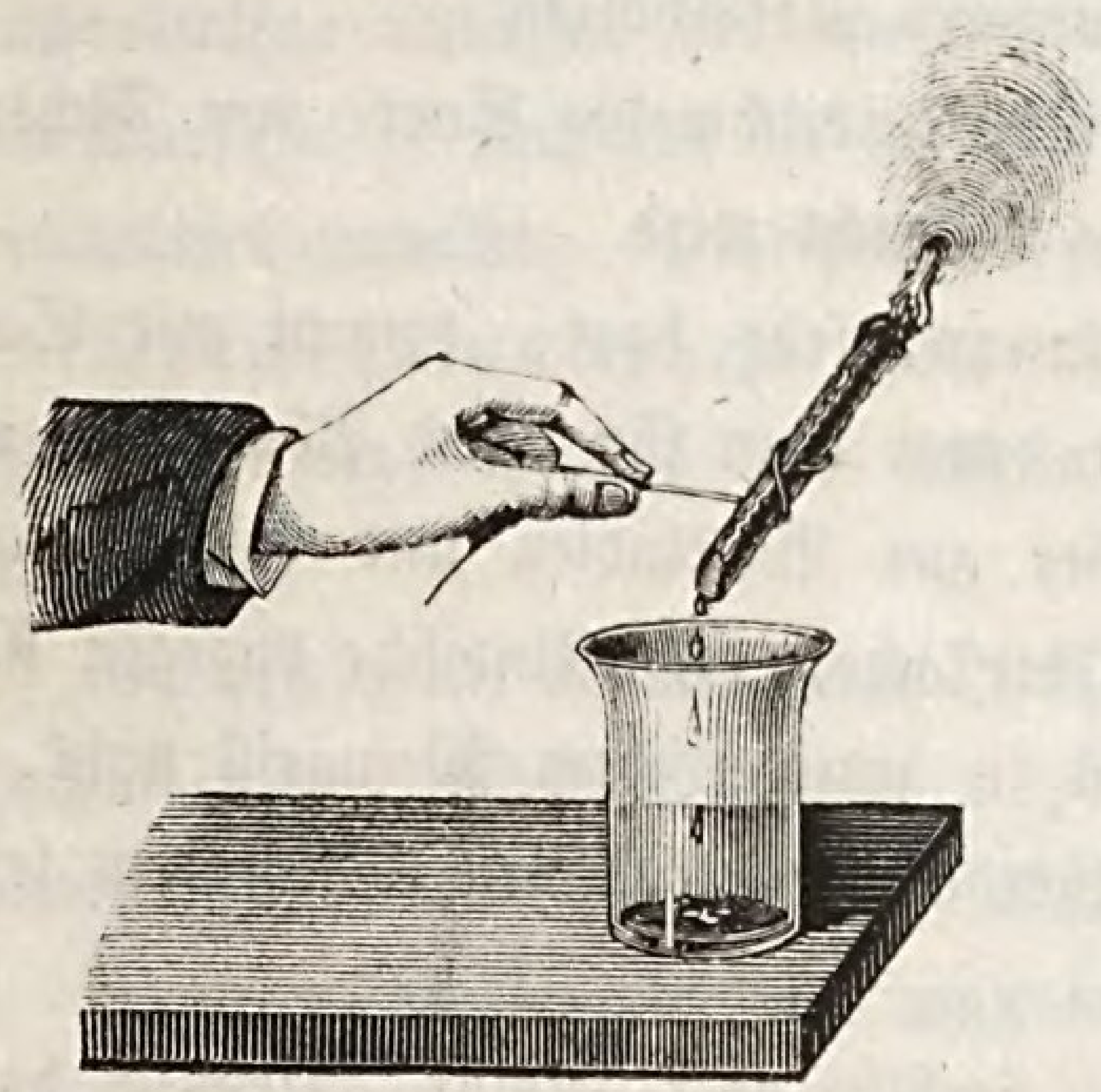
Fichtenharz. 569. Gewinnung der Harze. Versuch. Man streiche ein wenig Terpentin auf ein Brettchen und lege das letztere einige Tage in die Nähe eines geheizten Ofens: das Terpentinöl verdunstet, das Harz bleibt als eine amorphe, spröde Masse zurück. Auf ähnliche Weise läßt man an vielen Orten in Nadelholzwaldungen den aus angehauenen Stellen der Bäume ausfließenden Terpentin an den Bäumen selbst eintrocknen, kratzt das feste Harz ab und bringt es, nachdem man es durch Schmelzen und Durchgießen durch einen Durchschlag von den anhängenden Holztheilen gereinigt hat, unter dem Namen Fichtenharz, weißes Pech oder Faßpech, in den Handel. Von solchem Harze werden jetzt große Quantitäten aus den Waldungen Amerika's zu uns gebracht (amerikanisches Harz). Beim Eintrocknen des Terpentins wirken zweierlei Ursachen; ein Theil des darin befindlichen flüchtigen Oels verdunstet und verursacht den

eigenthümlichen Geruch der Nadelholzwälder, ein anderer Theil aber zieht Sauerstoff aus der Luft an und verharzt (566.).

Wie aus unseren Fichten, so tröpfeln auch aus vielen anderen Bäumen und Sträuchern, insbesondere aus denen heißer Länder, entweder freiwillig oder durch absichtlich gemachte Einschnitte, harzige Säfte aus, die an der Luft zu festen Harzen erhärten. Fast alle im Handel vorkommenden Harze werden auf diese Weise gewonnen. Gewinnung von Harzen durch Eintrocknen.

**Versuch.** Am reichlichsten setzt sich das Harz in den Bäumen an den Stellen ab, wo Aeste aus dem Stamme hervordringen; man nennt solches mit Harz durchdrungenes Holz Kienholz. Wird ein Stückchen Kienholz an dem oberen Ende angebrannt und in schräger Richtung mit einem Drahte über ein Wassergefäß gehalten, so verbrennt ein Theil des Harzes mit rußender Flamme, während ein anderer Theil davon durch die Wärme schmilzt und in das untergesetzte Gefäß abfließt. Harz ist im Wasser nicht löslich, es erhärtet daher in letzterem, ohne sich damit zu vermischen. Auch auf diese Weise, durch Ausbraten, kann man sich Harze aus manchen Pflanzen darstellen; die Farbe derselben ist dann aber gewöhnlich dunkel, weil etwas Harz während des Ausschmelzens brenzlich und damit kohlenstoffreicher geworden ist, nach dem allgemeinen Gesetze, daß der Wasserstoff immer früher verbrennt als der Kohlenstoff. Gewinnung von Harzen durch Ausbraten.

Fig. 221.



**Versuch.** Man übergieße etwas Kienholz mit starkem Weingeist und lasse es einen Tag lang an einem warmen Orte stehen: das Harz löst sich auf, die Holzfaser bleibt zurück. Die Auflösung wird in die achtfache Menge Wasser gegossen, welches sich da- Gewinnung von Harzen durch Auflösen.

Gewinnung von Harzen durch Auflösen.

durch in eine Milch umwandelt, weil das Harz, aber so fein zertheilt, niedergeschlagen wird, daß es in Gestalt feiner Kügelchen im Wasser herumschwimmt. Erhitzt man diese Milch zum Kochen, so erweichen die Harztheilchen und vereinigen sich mit einander zu Klümpchen, die sich abnehmen und zu größeren Stücken zusammendrücken lassen. Dies ist eine dritte Methode, um Harze aus Vegetabilien auszuziehen.

## Verschiedene Arten von Harzen.

Bekanntere Harze.

570. Die wichtigsten Harze sind:

Fichtenharz, das Harz unserer Nadelhölzer.

Galipot, ist eine sehr helle, gelblichweiße Sorte von Fichtenharz, die aus Frankreich zu uns gebracht wird.

Copal, gelblichweiß bis braun, sehr hart; kommt mit Sand und Erde bedeckt zu uns, von denen man ihn durch Abwaschen mit Lauge und Abfeilen befreit. Der aus Westindien und Afrika stammende Copal hat eine glatte Oberfläche, der ostindische dagegen sieht runzlich und genarbt aus. Ist in gewöhnlichem Weingeist nicht, in absolutem unvollständig, in Aether aber vollkommen löslich; am leichtesten der ostindische.

Dammarharz (Cowdee), farblos oder gelblich, ziemlich hart; kommt aus Ostindien.

Mastix, gelbliche, durchsichtige kleine Tropfen, die aus einer hauptsächlich in Griechenland wachsenden Pistazienart ausschwitzen.

Sandarak, dem vorigen sehr ähnlich, nur noch spröder, wird von einigen immergrünen Bäumen Afrika's gesammelt.

Gummilack quillt in Ostindien aus mehren Arten von Feigenbäumen hervor, wenn diese von einem kleinen Insect, der Lackschildlaus, angestochen werden.

a) Stocklack wird der an den Zweigen angetrocknete Saft genannt,

b) Körnerlack, wenn er von den Zweigen abgekratzt ist,

c) Schellack, wenn er geschmolzen und zur Entfernung der

Unreinigkeiten durch ein Tuch gegossen wurde. Gewöhnlich läßt man das geschmolzene Harz auf großen Baumblättern breitlaufen und erkalten, wodurch es die Gestalt dünner Blätter annimmt. Das bessere hat eine orangene, das geringere eine braunschwarze Farbe. Es ist sehr hart und zähe und wird deshalb allgemein zur Siegellackbereitung 2c. angewendet. Bekanntere Harze.

Benzoë wird aus einem ostindischen Baume durch Einschnitte gewonnen. Das in den ersten drei Jahren ausfließende Harz bildet milchweiße, getropfte Stücken, das später gewonnene dagegen ist gelb oder braun. Beide Sorten werden zusammengeknetet, daher das mandelartige Ansehen der gewöhnlichen Benzoë. Ihr angenehmer vanilleartiger Geruch hat sie zu einem beliebten Räucher- und Schönheitsmittel gemacht. $\frac{1}{6}$ derselben besteht aus Benzoësäure.

Drachenblut ist ein durch einen rothen Farbestoff braunroth gefärbtes Harz, welches aus einigen ostindischen Palmenarten erhalten wird.

Guajak, ein braungrünes Harz, das man durch Ausbraten des Guajak- oder Pockenholzes gewinnt, findet als Arzneimittel häufige Anwendung; ebenso das sehr abführend wirkende gelbbraune.

Jalappenharz, welches man mit Weingeist aus der Jalappenwurzel auszieht.

In der Pharmacie sind noch viele andere Harze im Gebrauche, z. B. das Anime-, Tacamahak-, Elemiharz u. a. m.

571. Erdharz. Außer diesen sind noch zwei Harze zu erwähnen, die man aus der Erde gräbt oder aus dem Meere fischt, Bernstein und Asphalt. Erdharze

Der Bernstein stammt wahrscheinlich aus den Wäldern einer früheren durch Wasserfluthen untergegangenen Schöpfung. Die Harze machen eine Ausnahme von der Regel: sie verfaulen und verwesen nicht, wie die übrigen organischen Körper. Das Bernsteinharz konnte sonach Jahrtausende in der Erde oder im Meere unverändert bleiben, während die vorweltlichen Bäume, aus denen es ausgeflossen, zu Moder und Erde zerfielen oder, chemisch zu reden, in Kohlensäure, Bernstein.

Bernstein. Wasser ꝛc. zerlegt wurden. Am häufigsten findet man den Bernstein in der Ostsee und an den Ufern derselben und in manchen Braunkohlengruben. Seine Härte und Zähigkeit ist bekannt genug, da man Geräthschaften daraus schneiden und schleifen kann, die man sonst gewöhnlich aus Glas oder Horn ausarbeitet. Von den übrigen Harzen unterscheidet er sich dadurch, daß er beim Schmelzen **Bernsteinsäure** giebt und eine Veränderung erleidet, derzufolge er dann in Weingeist und Oelen, die den ungeschmolzenen kaum angreifen, löslich wird. Bei längerem Schmelzen wird er schwarz und heißt dann **Bernsteincolophonium**; zugleich giebt er dabei ein sehr unangenehm riechendes, brenzliches Oel, **Bernsteinöl**, welches zuweilen als Arzneimittel gebraucht wird.

Asphalt. **Asphalt** oder **Judenpech** ist gleichfalls ein Erdharz, das man in manchen Seen Asiens, namentlich im todten Meere, antrifft. Es hat eine schwarze Farbe und große Aehnlichkeit mit dem schwarzen Harze, welches man durch Einkochen von Steinkohlentheer erhält (künstlicher Asphalt). An anderen Orten findet man den Asphalt weich und terpentinartig in der Erde (Bergtheer); diese Art wird in neuerer Zeit, mit Sand und Kalk vermengt, zur Bereitung künstlicher Trottoir- und Dachsteine angewendet. Es ist sehr wahrscheinlich, daß sich diese beiden Harze, wie gleicherweise das Steinöl, aus Steinkohlenlagern erzeugen, welche im Innern der Erde durch vulcanisches Feuer erhitzt werden.

Harzbildung durch trockne Destillation. 572. Aehnliche harzartige Körper von schwarzer Farbe und unangenehmem Geruche entstehen auch künstlich, wo immer Pflanzen- und Thierstoffe bei ungenügendem Luftzutritte erhitzt werden, also namentlich bei der trocknen Destillation derselben. In flüssiger Form werden diese **Theer**, in fester Form **Brandharze** genannt.

### Eigenschaften der Harze.

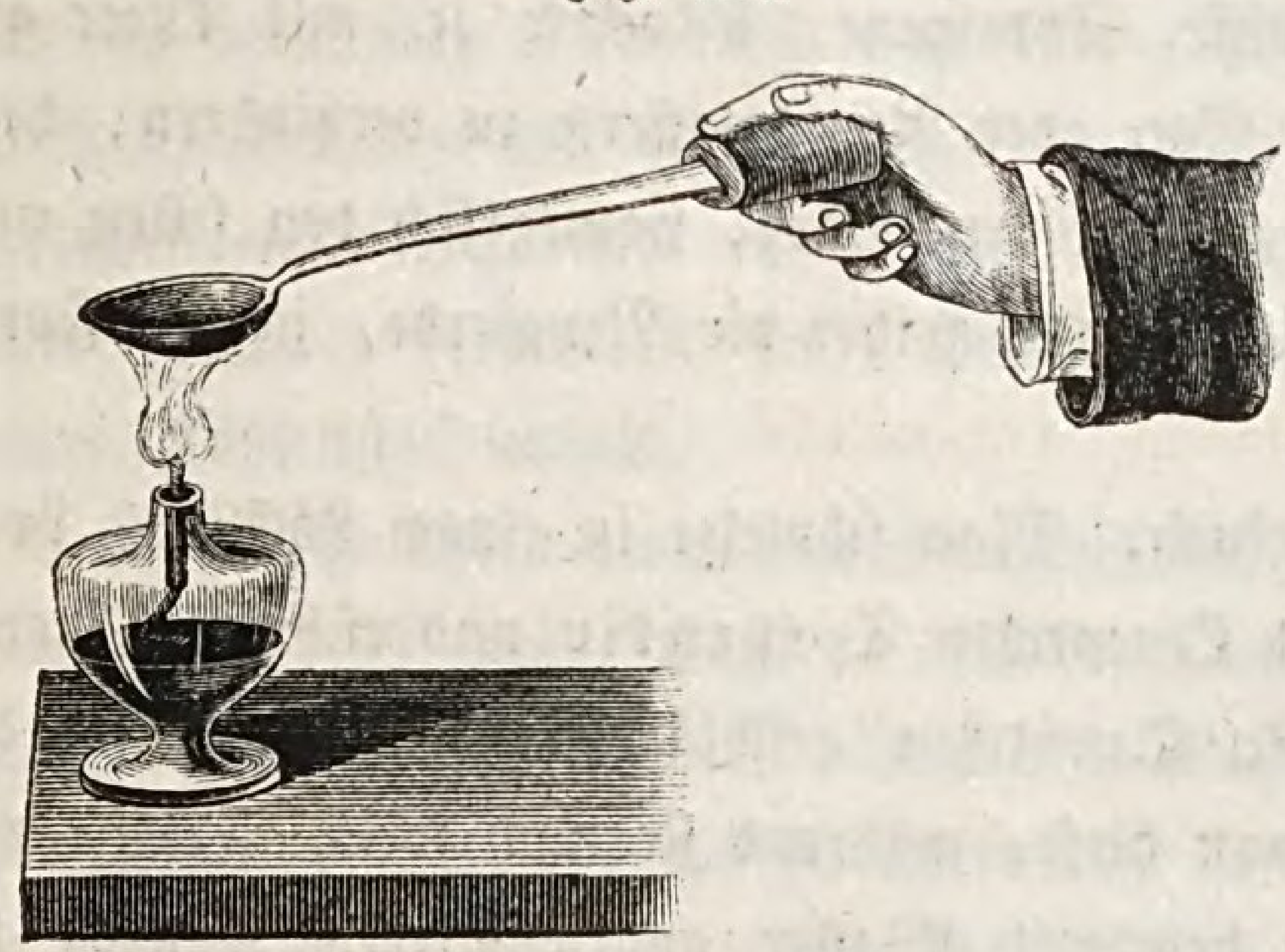
Harze an der Luft. 573. Wie beim Bernstein erwähnt worden, sind die Harze **unverwesliche Körper**, ja sie haben sogar die Kraft, andere Körper, die sehr leicht in Verwesung oder Fäulniß übergehen, z. B. Fleisch,

vor dieser Zersetzung zu schützen; deswegen benutzte man sie sonst zum Einbalsamiren von Leichnamen, die wir jetzt noch nach Jahrtausenden, zu Mumien eingetrocknet, in den ägyptischen Pyramiden antreffen. Harze an der Luft.

574. Harze und Wasser. Die Harze sind im Wasser unlöslich und daher geschmacklos; nur einige können sich in ganz geringer Menge darin lösen und diese besitzen dann in der Regel einen bitteren Geschmack. Wie die Harze im Handel vorkommen, halten aber viele etwas Wasser in feinzertheilter Gestalt eingeschlossen und werden dadurch trübe und undurchsichtig; das gewöhnliche Fichtenharz und der gekochte Terpentin sind hieher gehörige Beispiele. Harze und Wasser.

Colophonium. Versuch. Man erhitze ein Stück von dem bei 551. erhaltenen festen Terpentin oder auch etwas Fichtenharz in einem Löffel, bis alles Wasser verdampft ist: das wasserfreie Harz wird nun vollkommen durchsichtig erscheinen; man nennt es in diesem Zustande Colophonium, und zwar weißes, wenn es schwach erhitzt wurde, braunes dagegen, wenn die Erhitzung so weit stieg, daß ein wenig von dem Harze in Brandharz überging. Das Colophonium ist so spröde, daß es leicht zu Pulver zerrieben werden kann. Bestreicht man einen Geigenbogen damit, so bleibt das gebildete Harzpulver an den Haaren haften und diese haften dann wieder besser an den Saiten der Violine. Dasselbe geschieht mit den Gewichtsschnuren der Wanduhren, wenn man sie mit Colophonium einreibt, um das Herabrutschen derselben zu verhindern. Die Harze bringen sonach eine Colophonium.

Fig. 222.



den Oelen entgegengesetzte Wirkung hervor; durch Harz erzeugt man eine rauhe, unebene Oberfläche, durch Oel eine glatte, schlüpfrige.

Harze schmelzen leicht.

575. Harze in der Wärme. Der eben angestellte Versuch zeigt uns zugleich noch eine andere Eigenschaft der Harze, nämlich ihre leichte Schmelzbarkeit. Die meisten Harze brauchen zum Flüssigwerden eine Hitze, die etwas höher ist als die des kochenden Wassers. Gießt man das geschmolzene Colophonium auf ein Brettchen, so läuft es breit und bildet nach dem Erstarren einen festen, glänzenden Ueberzug auf dem Holze. Hiedurch werden die Harze sehr geeignet, um Holz oder Metall gegen das Eindringen von Luft oder Wasser zu schützen. Deswegen überzieht man eiserne Geländer und Beschläge mit einer Rinde von Pech, damit sie durch den Sauerstoff der Luft nicht so schnell oxydirt werden; deswegen verpicht man Weinflaschen und Bierfässer, damit in die Weinflaschen keine Luft, in die Faßdauben des Holzes kein Bier eindringe; deswegen streicht man das Holz der Schiffe, Thorwege, Stackete ꝛc. mit Theer an, um das Eindringen des See- oder Regenwassers zu verhindern; deswegen endlich benutzt man auch das Harz, namentlich den festen und zähen Schellack, als Schutzmittel wider die Neugierde, in der Form von Siegellack.

Verpichen.

Siegellack.

Siegellack. Versuch. Man schmelze in einem Löffel ½ Loth hellen Schellack und 1 Quentchen Terpentin und rühre 1 Quentchen Zinnober und ¾ Quentchen geschlämmte Kreide unter die flüssige Masse; kratzt man diese, während sie noch weich ist, heraus, so läßt sie sich zwischen den mit Wasser angefeuchteten Händen zu einer Stange ausrollen. Durch den Terpentin erhält das Siegellack eine leichtere Entzündlichkeit, durch den Zinnober die beliebte rothe Farbe. Andere Farben ertheilt man ihm durch Chromgelb, Lasurblau, Berggrün, Ruß, Bronzepulver u. s. w.

Harze in starker Hitze.

576. Harzgas. Versuch. Wird das Colophonium stärker erhitzt, als zum Schmelzen nöthig ist, so entzündet es sich und verbrennt mit leuchtender und rußender Flamme, unter Zurücklassung von etwas Kohle. Daher giebt auch das Colophoniumpulver,

in eine Lichtflamme geblasen, eine lebhafte Feuererscheinung. An manchen Orten macht man Leuchtgas daraus, indem man dasselbe in geschmolzenem Zustande auf Coaks tröpfeln läßt, die in einem eisernen Cylinder bis zum Glühen erhitzt worden sind (Harzgas). Harze in starker Hitze.

Brandharz. Wird das brennende Colophonium durch ein darüber gedecktes Brettchen ausgelöscht, nachdem es einige Zeit gebrannt hat, so findet man als Rückstand ein schwarzes Brandharz, Schiffs- oder Schusterpech, bekannt genug wegen seiner großen Zähigkeit; man stellt dasselbe auch durch Einkochen von Holztheer dar (440.). Auf gleiche Weise verwandeln die Böttcher das gewöhnliche weiße Pech dadurch in schwarzes, daß sie es eine kurze Zeit in den Fässern, die damit ausgepicht werden sollen, brennen lassen. Schwarzes Pech.

Kienruß. Versuch. Man halte über brennendes Kienholz eine aus Löschpapier zusammengerollte Papiertute in schräger Richtung: sie wird sich bald mit Ruß überziehen. Im Großen bereitet man sich den bekannten Kienruß nach einer ähnlichen Methode, nämlich durch Verbrennen von harzreichem Holz oder von Harz selbst bei unzureichendem Luftzutritte in Oefen, die mit langen Canälen oder einer Kammer verbunden sind, worin der Rauch beim Durchziehen seinen Kohlenstoff absetzt. Kienruß.

Versuch. Wird etwas Bernsteingruß auf glühende Kohlen gestreut, so entwickelt sich daraus während des Verglimmens ein Dampf von angenehm balsamischem Geruch. Bernstein, Weihrauch, Benzoë und Mastix werden deshalb oft als Räuchermittel (Königsrauch) angewendet. Räucherung durch Harze.

577. Elektrophor. Versuch. Man reibe eine Stange Siegellack einige Minuten auf einem Tuchlappen und nähere sie dann einigen kleinen Schnitzeln von Löschpapier: diese werden in die Höhe hüpfen und einige Zeit an dem Siegellack hängen bleiben. Was dieses Anziehen bewirkt, ist Elektricität (Harz- oder negative Elektricität), die sich in den Harzen erzeugt, wenn man sie reibt. Gießt man einen Blechteller mit einem Gemenge von Schellack und Colophonium aus, um eine größere Harzfläche zu erhalten, so ist man im Stande, die Elektricität in Gestalt von Funken daraus auszuziehen und zu Elektricität aus Harzen.

Elektricität aus Harzen. sammeln; ein solcher Harzkuchen wird deswegen Elektrophor (Elektricitätsträger) genannt. Den Namen Elektricität erhielt diese geheimnißvolle Kraft von dem Bernstein, an dem man die elektrischen Erscheinungen zuerst bemerkte; der Bernstein heißt nämlich im Griechischen electron.

Harze und Weingeist. 578. Harze und Weingeist. Versuch. 1 Loth Sandarak wird, in Papier eingepackt, mit einem Hammer zu kleineren Stücken zerschlagen, mit 1/4 Loth Sand, den man zuvor von dem feinen Pulver durch Schlämmen befreit und wieder vollständig getrocknet hat, gemengt, und in einem Gläschen mit 4 Loth starkem Weingeist übergossen. Das mit einer Blase überbundene Gläschen bleibt einige Tage an einem warmen Orte stehen und wird während dieser Zeit Lackfirniß. öfters umgeschüttelt. Die erhaltene klare Harzlösung heißt Lackfirniß, weil sie, auf Metall, Holz oder Papier gestrichen, einen firnißartigen, glänzenden Ueberzug zurückläßt, nachdem der flüchtige Weingeist verdunstet ist. Uebergießt man das Sandarakharz ohne Sand mit Weingeist, so backt das Harzpulver am Boden des Gefäßes zu einem zähen Harzklumpen zusammen, der sich viel langsamer auflöst. Lackiren heißt also so viel als mit Harz überziehen. Durch diesen Harzüberzug bekommen die lackirten Gegenstände nicht nur einen schönen Glanz, sondern sie werden zugleich undurchdringlich für Luft und Wasser. Sollen papierne Sachen, z. B. Zeichnungen, Landkarten 2c. einen Lacküberzug erhalten, so muß man dieselben zuvor einige Male mit Leimwasser oder Gummilösung überstreichen, weil die Harzlösung sonst in's Innere des Papiers eindringt und dasselbe grau und durchscheinend macht. Bei Holzsachen verhindert man dieses Einsaugen gewöhnlich durch vorheriges Einreiben mit Leinöl. Kommt der Lackfirniß auf feuchte Stellen, so entstehen daselbst weiße, undurchsichtige Flecken, weil das Harz durch das Wasser als ein weißes, mattes Pulver ausgeschieden wird.

Schellack und Weingeist. Versuch. 1 Loth Schellack wird auf die angegebene Weise in starkem Weingeist aufgelöst: man erhält eine trübe Flüssigkeit, weil in dem Schellack außer dem Harze noch kleine Mengen von Wachs

und Schleim zugegen sind, welche in der Harzlösung ungelöst umherschwimmen. Auch diese Lösung wird als Lackfirniß angewendet, viel häufiger aber als sogenannte Politur der Tischler, d. h. als eine Harzlösung, die man, mit einigen Tropfen Leinöl versetzt, so lange mit einem Ballen von Leinwand ununterbrochen auf dem Holze einreibt, bis der Weingeist verflogen ist. Man bekommt auf diese Weise einen noch ebenern und feinern Harzspiegel, als durch bloßes Aufstreichen, bei welchem letzteren die Pinselstriche häufig sichtbar bleiben. Feinere Meubles werden gewöhnlich polirt, ordinäre lackirt. Politur.

579. Harze und Oele. Versuch. 1 Loth Dammarharz wird mit etwas Sand gemengt und mit 4 Loth Terpentinöl übergossen: man erhält nach einigen Tagen eine fast vollständige Auflösung, denn die flüchtigen Oele sind ebenfalls im Stande, die Harze aufzulösen. Auch diese Lösungen werden oft als Lackfirnisse angewendet; sie trocknen zwar langsamer, geben aber dafür einen zäheren, weniger leicht abspringenden Ueberzug. Die helleren und feineren Arten von Lack stellt man hauptsächlich aus Bernstein, Copal, Dammar, Schellack, Sandarac und Mastix dar; die geringeren und dunkleren Sorten aus Bernsteincolophonium, gewöhnlichem Colophonium, Terpentin, Asphalt u. s. w. Durch Zusatz von Drachenblut und Gutti giebt man den hellen Lackfirnissen bisweilen eine gelbe Farbe (Goldlack). Harze und flüchtige Oele.

In fetten Oelen sind die Harze gleichfalls löslich. Viele Salben und Pflaster der Pharmacie bestehen aus Gemengen von Fetten und Harzen, und diese letzteren sind es, welche den ersteren die Fähigkeit geben, auf der Haut festzukleben. Am häufigsten wird der Terpentin zu diesem Zwecke verwendet. Harze und Fette.

580. Harzseife. Versuch. Man koche in einem Töpfchen ½ Loth Colophonium mit 2 Loth starker Kali- oder Natronlauge und setze nach und nach theelöffelweise noch so viel Lauge hinzu, bis eine Probe davon sich in heißem Wasser zu einer klaren Flüssigkeit auflöst. Beim Erkalten erstarrt die Masse nun zu einer ziemlich festen Seife (harzsaures Kali oder Natron). Die Harze Harze und Alkalien.

Harze und Alkalien. verhalten sich, wie man sieht, gegen starke Basen ähnlich wie die Fettsäuren, und finden deshalb gegenwärtig eine ausgebreitete Anwendung in der Seifensiederei, als Zusatzmaterialien zur Herstellung billiger Seifensorten.

Versuch. Man vermische eine Lösung von Harzseife mit einer Lösung von Alaun: es bildet sich eine unlösliche Verbindung von harzsaurer Thonerde. Auf diese Weise benutzt man die Harzseife zum Leimen des Maschinenpapiers, indem man zu dem Papierbrei, woraus das Blattpapier geformt werden soll, zuerst Harzseife, dann Alaunlösung schüttet. Es bildet sich dabei um jedes Papierfäserchen herum eine dünne Schicht von unlöslicher Thonerdeseife (harzsaurer Thonerde), die das Breitlaufen der Tinte verhindert. Nach der älteren Methode werden die bereits fertigen Bogen durch Leimwasser gezogen, wobei sich nur auf der Oberfläche eine dünne Leimschicht bildet. Solches Papier läßt die Tinte breitlaufen, wenn man durch Radiren den Leimüberzug weggekratzt hat; man kann dies aber verhindern, wenn man auf der radirten Stelle etwas Harz, am besten Sandarak, breitreibt.

Harze sind Säuren. Die Harze verbinden sich mit Basen und ihre Auflösungen in Weingeist röthen das Lackmuspapier, sie können demnach als Säuren angesehen werden.

Nähere Bestandtheile der Harze. 581. Zusammensetzung der Harze. Durch abwechselnde Behandlung der Harze mit kaltem oder heißem, schwachem oder starkem Weingeist oder mit Aether lassen sich aus den meisten derselben verschiedene Arten von Harz ausziehen, die man mit dem Namen Alpha- ($\alpha$), Beta- ($\beta$) oder Gamma- ($\gamma$) Harz bezeichnet hat. Hienach sind die natürlichen Harze als Gemenge von mehren einfachen Harzen zu betrachten. So besteht z. B. das Fichtenharz aus Alphaharz (Pininsäure), welches amorph, wie Colophonium aussieht, und aus Betaharz (Sylvinsäure), welches eine krystallinische Beschaffenheit besitzt.

Elementarbestandtheile der Harze. Von Elementen finden sich nur die bekannten drei in den Harzen vor: Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Daß sie etwas mehr Sauerstoff und weniger Wasserstoff enthalten als die flüchtigen

Oele, wurde schon 566. erwähnt; immerhin aber gehören sie doch zu den wasserstoffreichen Körpern, wie sich schon daraus abnehmen läßt, daß sie mit starker Flamme verbrennen.

## Gummiharze.

582. Schneidet man einen Stengel von Mohn, Salat, Schöllkraut oder Wolfsmilch durch, so dringt daraus eine weiße oder gelbe Milch hervor, die an der Luft oder durch Sonnenwärme zu einer gelben oder braunen, amorphen Masse eintrocknet. Dieser Milchsaft besteht aus einer Gummiauflösung, innig gemengt mit feinzertheilten Harztröpfchen; er stellt also eine natürliche Emulsion dar. Nach diesen zwei näheren Bestandtheilen nennt man diese Art von getrockneten, halb harzigen, halb gummigen Pflanzensäften, Gummiharze oder Schleimharze. Besonders reich an solchem Milchsaft sind viele Pflanzen der heißen Länder, und aus ihnen hauptsächlich erhält man die im Handel vorkommenden Gummiharze, die insbesondere in der Pharmacie vielfache Anwendung finden. Zu den wichtigsten gehören: Gummiharze.

Ammoniak (Gummi Ammoniak), der eingetrocknete Milchsaft einer afrikanischen Doldenpflanze, gelblich oder braun, von starkem, eigenthümlichem Geruch und Geschmack.

Asa fötida (Teufelsdreck), der Saft einer persischen Doldenpflanze, von höchst unangenehmem, knoblauchähnlichem Geruch; sieht auf frischem Bruche milchweiß aus, läuft aber an Luft und Licht rosenroth an.

Aloë, braun oder schwarz, höchst bitter: der getrocknete Saft der Aloëpflanzen, die in reichlicher Menge auf dem Cap der guten Hoffnung und den umliegenden Inseln wachsen.

Euphorbium, bräunlichgelbe Körner, kommt von der afrikanischen Wolfsmilch und enthält einen sehr scharfen Stoff, demzufolge es auf der Haut Blasen zieht, und als Staub eingesogen Entzündung und das heftigste Niesen erregt.

Gummiharze. Galbanum, gelbliche Körner oder braune Kuchen, stark und eigenthümlich riechend; wird aus einer immergrünen persischen Pflanze gewonnen.

Gutti (Gummi Gutti), röthlichgelbe Klumpen oder Stangen; wird aus den Blättern einer ostindischen Pflanze erhalten und hauptsächlich als gelbe Wasserfarbe in der Malerei benutzt.

Myrrhe, die besseren Sorten in hellen, gelbbraunen, die geringeren in dunklen, rothbraunen Stücken, schmeckt bitter und riecht balsamisch; fließt durch Einschnitte aus einem arabischen Baume aus.

Weihrauch (Olibanum), gelblichweiße, spröde getropfte Körner; der an der Luft erhärtete Saft eines persischen Baumes. Giebt auf glühenden Kohlen einen angenehmen Geruch: daher viel gebraucht als Räuchermittel.

Opium, ein im Orient durch Einschnitte aus unreifen Mohnköpfen ausgeflossener und an der Luft eingetrockneter Milchsaft; große Klumpen von schwarzbrauner Farbe, bitterem Geschmack und widerlich betäubendem Geruch. Die schlaferregenden und betäubenden Wirkungen desselben sind bekannt genug.

Lactucarium (Salatopium), braun und schwach opiumähnlich riechend, ist der eingetrocknete Milchsaft mehrer Arten von Salat.

Opoponax, Sagapenum, Scammonium u. a. m.

Gummiharze und Wasser. Versuch. Man zerreibe irgend eines dieser Gummiharze mit Wasser: das Gummi wird hiedurch aufgelöst, das Harz aufgeschwemmt; man erhält eine trübe, milchartige Flüssigkeit (Emulsion). Kocht man diese einige Zeit, so backen die weich gewordenen Harztheilchen an einander und sondern sich als Klümpchen aus; die klar gewordene Flüssigkeit enthält nun nur noch das Gummi in Auflösung.

Gummiharze und Weingeist. Versuch. Werden die Gummiharze mit starkem Weingeist übergossen und einige Zeit digerirt, so löst sich nur das Harz auf, während das Gummi ungelöst zurückbleibt. Die bekannte Myrrhenessenz ist eine solche Auflösung der in der Myrrhe enthaltenen Harztheile in Weingeist.

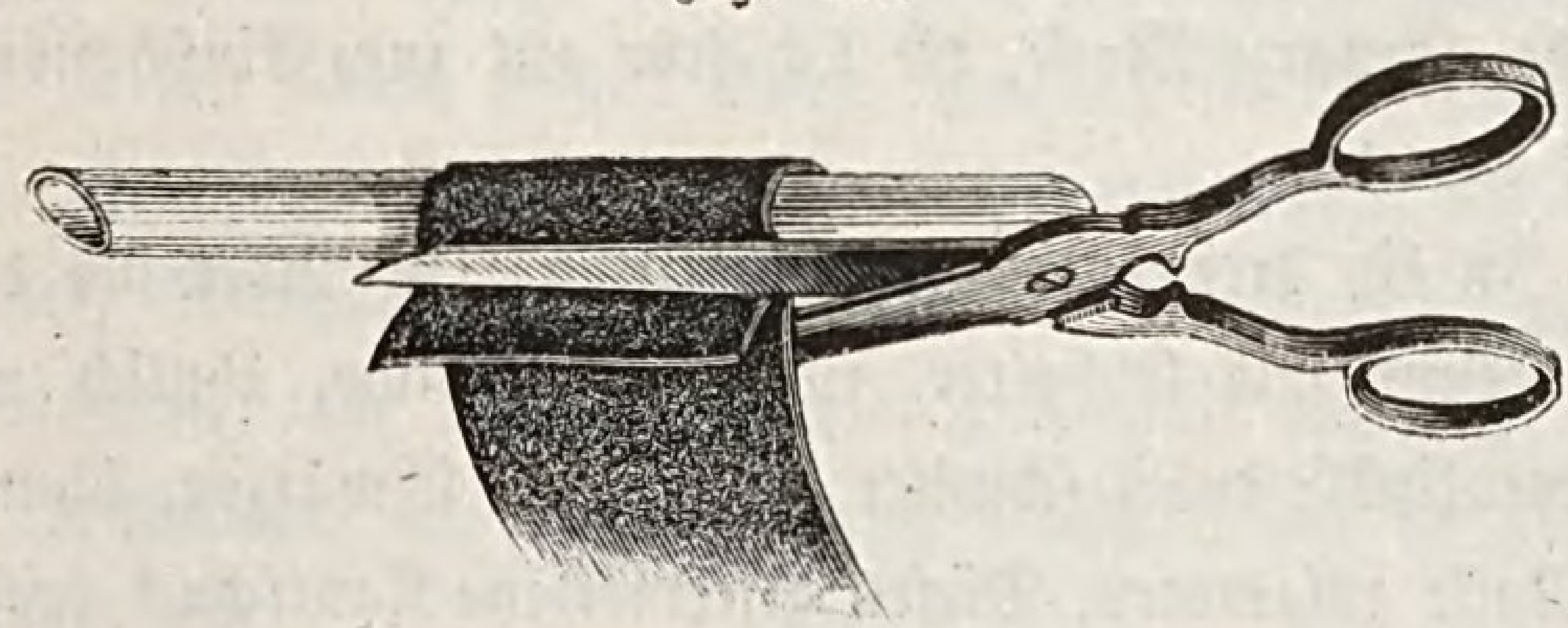
Die meisten Gummiharze enthalten außer Harz und Gummi auch noch kleine Quantitäten von flüchtigen Oelen und anderen eigenthümlichen Stoffen, denen sie ihren charakteristischen Geruch und ihre medicinischen Wirkungen verdanken. Geruch der Gummiharze.

## Kautschuck (Gummi elasticum) und Gutta percha.

583. **Kautschuck.** Aus mehren amerikanischen Bäumen fließt, wenn man deren Rinde und Bast durchschneidet, ein Milchsaft aus, welcher an der Luft zu einer weißen, elastischen, in Wasser und Weingeist ganz unlöslichen Masse, zu dem sogenannten Gummi elasticum oder Kautschuck eintrocknet. Schneller erfolgt das Trocknen, wenn man den Milchsaft auf Thon- oder Lehmformen aufstreicht und letztere über freiem Feuer aufhängt. Entfernt man nach dem Trocknen den Thon oder Lehm durch Auswaschen, so erhält man hohle Gegenstände aus Kautschuck, die aber wegen des beigemengten Rußes grau oder schwarz aussehen. Das zu compakten, dicken Massen ausgetrocknete Kautschuck führt den Namen »Speckgummi«. Kautschuck.

**Versuch.** Bei gewöhnlicher Temperatur ist das Kautschuck hart und steif, es wird aber weich, wenn es in heißes Wasser oder auf einen warmen Ofen gelegt wird. Man schneide sich aus einer durch Wärme erweichten dünnen Kautschuckflasche ein 4eckiges Stück aus, lege dieses um die Enden zweier Glasröhren, und führe dann mit einer Scheere einen kräftigen Schnitt durch die beiden Endstreifen nach der in beistehender Figur angegebenen Richtung: die frisch durchschnittenen Flächen von Kautschuck kleben fest an einander (noch vollständiger, wenn man sie mit den Nägeln Röhren aus Kautschuck.

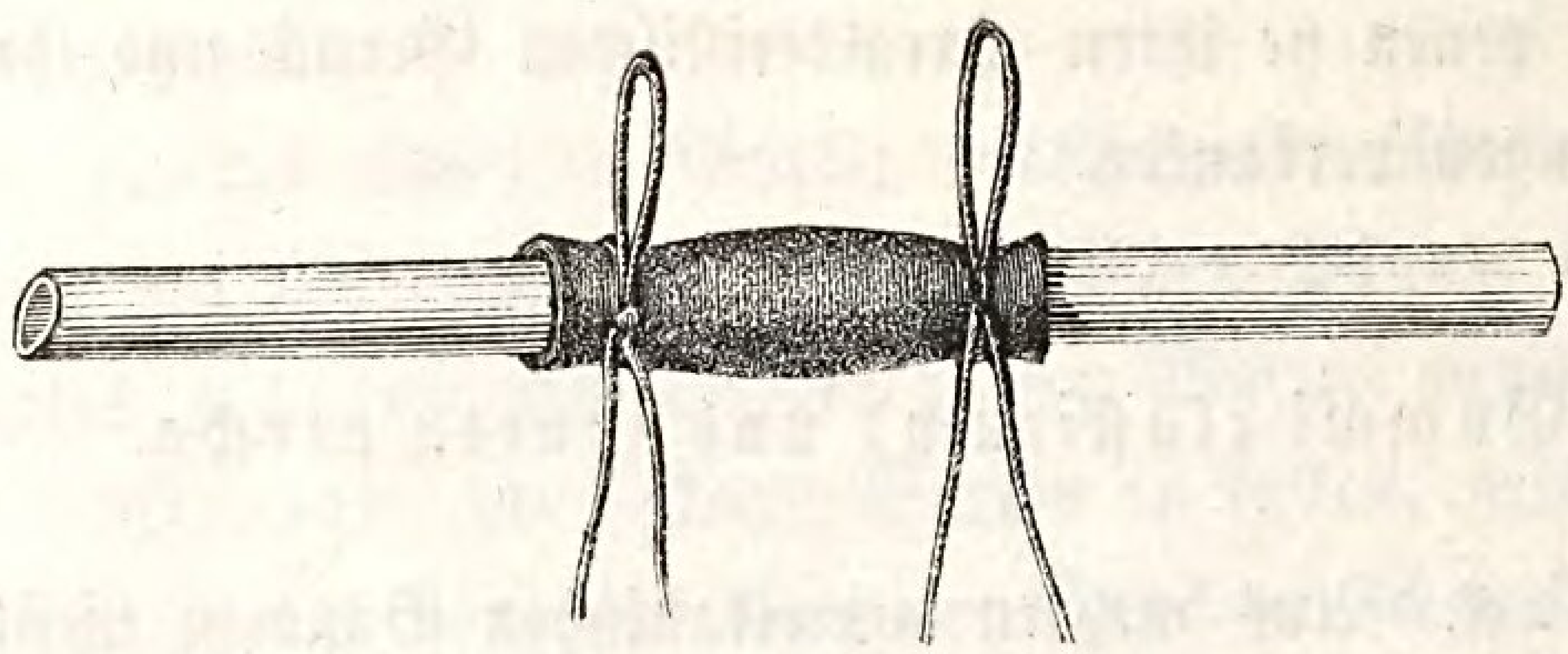
Fig. 223.



Röhren aus Kautschuck.

aneinander drückt, ohne jedoch die frische Schnittfläche zu berühren und bilden eine

Fig. 224.



Röhre, die, an beiden Enden festgebunden, die zwei Glasröhren luftdicht mit einander verbindet. Man macht auf diese Weise die bei chemischen Apparaten vorkommenden Glasröhren biegsam und beweglich und vermindert dadurch die leichte Zerbrechlichkeit derselben.

Kautschuck und Steinöl.

**Versuch.** Man übergieße etwas zerschnittenes Kautschuck mit Steinöl: es schwillt darin auf und kann dann zu einem gleichförmigen Brei zerrieben werden. Mit Schellack zusammengeschmolzen giebt dieser Brei einen sehr dauerhaften Kitt für Holz, Stein und Eisen (Schiffsleim).

Kautschuck und Aether ꝛc.

**Versuch.** Wird Kautschuck mit Aether, Terpentinöl, Steinkohlentheeröl oder Kautschucköl (durch trockne Destillation des Kautschucks gewonnen) übergossen, so erhält man eine vollständige Auflösung. Auflösungen dieser Art werden jetzt häufig angewendet, um Zeuge wasserdicht zu machen (Macintosh). Mit Leinöl stark erhitzt, giebt es eine gleichförmige, zähe, schwarze Masse, die sich sehr gut zum Einschmieren des Schuhzeuges eignet.

Kautschuck in der Wärme.

**Versuch.** In ein brennendes Licht gehalten, entzündet sich das Kautschuck und brennt mit lebhafter, rußender Flamme, ähnlich wie Steinöl oder Terpentinöl; dabei schmilzt es zu einer schwarzen, schmierig bleibenden Masse zusammen. Dieses geschmolzene Kautschuck leistet gute Dienste, um das Festkleben von Glasstöpseln in Gläsern, worin Lauge ꝛc. aufbewahrt wird, zu verhindern, da der dünn damit bestrichene Stöpsel dann lange schlüpfrig bleibt.

Kautschuck und Schwefel.

Einen überaus hohen Grad von Elasticität, die sich auch in der Kälte nicht vermindert, erlangt das Kautschuck durch inniges Ver-

mengen mit Schwefel oder Schwefelverbindungen (vulcanisirtes Kautschuck).

Das Kautschuck ist einer von den wenigen festen Körpern, welche keinen Sauerstoff enthalten; es besteht nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff, so daß es gleichsam als verdichtetes Steinöl oder als verdichtetes Leuchtgas angesehen werden kann. Bestandtheile des Kautschucks.

584. Gutta percha. Unter diesem Namen kommt seit einigen Jahren eine röthlichbraune, kautschuckähnliche Substanz im Handel vor, welche aus dem Milchsafte mehrer ostindischer Bäume gewonnen wird. Sie unterscheidet sich von dem gewöhnlichen Kautschuck dadurch, daß sie durch gelindes Erhitzen, z. B. durch Kochen in Wasser, ganz weich und plastisch, nach dem Erkalten aber hart und hornartig wird; sie kann daher in weichem, erhitztem Zustande leicht zu Bändern und Fäden ausgezogen oder durch Einpressen in Formen zu Geräthschaften aller Art verarbeitet werden, welche den doppelten Vorzug haben, daß sie nicht zerbrechen und von Säuren, Laugen und anderen scharfen Flüssigkeiten nicht merklich angegriffen werden. Brauchbare Sachen dieser Art für das Laboratorium sind: Untersetzer und Deckel für Säureflaschen, Säuretrichter, Hähne, Wassereimer u. a. m. Die in Platten ausgewalzte und in Streifen geschnittene Gutta percha wird jetzt vielfach zu Treibriemen statt der Riemen von Leder benutzt. Sollen Stücken davon mit einander verbunden werden, so bestreicht man sie mit einem heißen Eisen, wodurch sie oberflächlich in Schmelzung gerathen, und preßt sie dann fest zusammen, bis sie erkaltet sind. Wasser, Weingeist und Aether lösen die Gutta percha nicht, wohl aber Chloroform; eine Lösung in dieser Flüssigkeit läßt sich, wie Collodium, als Heftpflaster anwenden. Durch Erhitzen löst sie sich auch in Terpentinöl auf. Gutta percha.

## Rückblick auf die Fette, flüchtigen Oele und Harze.

1) Die Fette, flüchtigen Oele und Harze gehören zu den sehr allgemein verbreiteten Stoffen des Pflanzenreiches; die meisten der-

selben verhalten sich als indifferente Körper, manche als schwache Säuren.

2) Wie sie in der Natur vorkommen, sind sie Gemenge von mehren einander ähnlichen Substanzen, nämlich:

a) die Fette: Gemenge von festen (Stearin, Margarin) und flüssigen Fetten (Elain, Olein);

b) die flüchtigen Oele: Gemenge von festem Stearopten und flüssigem Elaeopten;

c) die Harze: Gemenge von mehren verschiedenen Harzarten (Alpha-, Beta-, Gamma-Harz 2c.).

3) Ihrer Elementarzusammensetzung nach bestehen sie nur aus den bekannten drei Grundstoffen: Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff; bezeichnend aber für sie ist, daß sie immer arm an Sauerstoff und reich an Wasserstoff sind. (Einige flüchtige Oele enthalten gar keinen Sauerstoff, andere enthalten Schwefel.)

4) Wegen dieses Vorherrschens von Wasserstoff

a) brennen sie erhitzt mit lebhafter Flamme und geben bei der Zersetzung durch Glühhitze viel brennbares Gas;

b) sind sie meist so leicht, daß sie auf Wasser schwimmen;

c) lösen sie sich nur in Flüssigkeiten auf, die ebenfalls reich an Wasserstoff und arm an Sauerstoff sind, z. B. in Alkohol und Aether, nicht aber im Wasser.

5) Sie sind entweder flüssig oder werden es leicht, schon bei geringer Erhitzung.

6) Die Fette der Thiere haben mit den Pflanzenfetten eine ganz gleiche Zusammensetzung.

7) Durch Zuführung von Sauerstoff werden manche Fettarten fest und hart (Firnißöle), andere dagegen ranzig, ohne zu erhärten (Schmieröle).

8) Durch starke unorganische Basen werden die Fettarten in eigenthümliche, in Wasser unlösliche Säuren (Fettsäuren) und in eine organische Basis (Lipyloxyd oder Glyceryloxyd) zerlegt. Die abgeschiedenen fetten Säuren verbinden sich hiebei chemisch mit den unorganischen Basen zu

**Seifen.** Die Alkalien bilden mit den fetten Säuren Seifen, welche sich in Wasser auflösen lassen; die Oxyde der Erden und Metalle dagegen geben Seifen, die vom Wasser nicht gelöst werden.

9) Die **flüchtigen Oele** gehen durch Zuführung von Sauerstoff in Harze, oft auch zugleich in Säuren über.

10) Die **Harze** zeigen zum Sauerstoff keine große Affinität, mindestens verändern sie sich nicht, wenn sie auch lange an der Luft liegen.

11) Viele Harze vereinigen sich mit den Alkalien, ähnlich wie die Fettsäuren, zu im Wasser löslichen, mit Erden und Metalloxyden zu unlöslichen, seifenähnlichen Verbindungen (Harzseifen).

12) **Balsame** sind Gemenge von Harzen mit flüchtigen Oelen; **Schleim-** oder **Gummiharze** Gemenge von Harzen mit Gummiarten.

---

## XII. Extractivstoffe.

585. **Extracte.** Die bisher betrachteten Pflanzenstoffe sind, wenn man die flüchtigen Oele und einige Harze ausnimmt, meistens ohne Geschmack und ohne auffallende medicinische Wirkung: die meisten derselben kommen sehr allgemein verbreitet im Pflanzenreiche vor und sind fast in allen Pflanzen anzutreffen. Nun bemerken wir aber an vielen Pflanzen einen eigenthümlichen Geschmack und, wenn sie eingenommen werden, eine eigenthümliche Wirkung auf unseren Körper; es müssen also noch eigenthümliche Stoffe darin enthalten sein, von denen Geschmack und Wirkung herrühren. Wermuth und Rhabarber schmecken bitter, Pfeffer und Bilsenkraut beißend und scharf, Quecken- und Süßholzwurzel süß; in den Magen gebracht, wirkt Wermuth magenstärkend, Rhabarber abführend, Pfeffer reizend, Bilsenkraut betäubend u. s. w. Diese und ähnliche Beobachtungen mußten schon in frühen Zeiten die Aufmerksamkeit des Menschen erregen Extracte.

Extracte. und ihn zu Versuchen auffordern, diese schmeckenden und medicinisch wirksamen Stoffe aus den Pflanzen herauszuziehen (zu extrahiren), um sie als Heilmittel zu benutzen. Das Ausziehen geschah auf die einfachste Weise: bei saftreichen Pflanzentheilen durch Auspressen bei trockneren durch Uebergießen mit kaltem Wasser (Maceration), oder mit heißem (Infusion), oder durch längeres Kochen damit (Decoction). Da die Pflanzensäfte oder Auszüge aber bald sauer oder schimmlig wurden, so verdampfte man das Wasser, und erhielt auf diese Weise daraus eine brei- oder teigartige, oder bei vollständiger Austrocknung eine feste, amorphe Masse, die mit dem Namen Extract (wässeriges) bezeichnet wurde und sich nun Jahre lang unverändert und unzersetzt aufbewahren ließ. Zuweilen wendete man auch wohl Weingeist oder Aether statt des Wassers als Auflösungsmittel an (spirituöse und ätherische Extracte). Viele dieser Extracte werden noch immer in den Apotheken als Heilmittel vorräthig gehalten und man hat oft in 1 Loth davon eben so viele wirksame Stoffe als in einem oder mehren Pfunden des Pflanzenstoffs, aus dem es dargestellt wurde.

Zusammensetzung der Extracte. Aus dem Früheren ist bekannt, daß die meisten Pflanzensäfte bald größere, bald geringere Mengen von Stärke (Satzmehl), Schleim, Gummi, Zucker, Gerbstoff, Chlorophyll, Pflanzeneiweiß, Salzen, Säuren 2c. enthalten; es ist daher natürlich, daß alle diese Stoffe, da sie beim Verdampfen sich nicht verflüchtigen, auch in den wässerigen Extracten zugegen sein müssen. Ebenso ist es klar, daß in den spirituösen und ätherischen Extracten alle diejenigen Stoffe vorhanden sein werden, welche aus den betreffenden Pflanzenstoffen durch diese beiden Flüssigkeiten aufgelöst werden können, z. B. Harze, Fette u. s. w. Die Extracte sind hienach als Gemenge der verschiedenartigsten Pflanzenstoffe anzusehen, als Gemenge von bekannten Pflanzenstoffen mit unbekannten, von schmeckenden mit geschmacklosen, von wirksamen mit wirkungslosen, von ungefärbten mit gefärbten 2c.

Extractivstoffe. 586. Extractivstoff. Bei näherer Untersuchung der Pflanzensäfte oder Auszüge fand man, daß zuletzt, nachdem man die bekann-

ten Stoffe, wie Stärke, Zucker, Eiweiß 2c., daraus entfernt hatte, gewöhnlich eine braune oder schwarze, unkrystallisirbare, lösliche Masse übrig blieb, die in der Regel den Geschmack und die medicinische Wirkung der Pflanze in verstärktem Grade zeigte, aus der man sie gewonnen hatte. Diese Masse nannte man Extractivstoff, und unterschied nach den Eigenschaften: bittere (in Wermuth, Bitterklee, Aloë, Coloquinten 2c.), aromatisch bittere (im Kalmus, Hopfen 2c.), kratzende (in der Senegawurzel, Seifenwurzel 2c.), süße (in der Süßholzwurzel und Queckenwurzel), narkotische (im Schierling, Bilsenkraut 2c.) u. a. Extractivstoffe. Wie man sieht, war der Name überaus bequem, da er für alle die zahllosen, nicht genauer untersuchten Pflanzenstoffe paßte, die eine dunkle Farbe besaßen und nicht krystallisirbar waren, mochten sie auch eine noch so verschiedene chemische Zusammensetzung haben. Wie groß diese Verschiedenheit sein kann, läßt sich schon daraus abnehmen, daß die meisten Pflanzenstoffe, z. B. Zucker, Gummi, wenn sie längere Zeit gekocht oder auch nur der Luft ausgesetzt werden, in braune, unkrystallisirbare Verbindungen übergehen. Extractivstoffe.

587. In dieser leichten Veränderlichkeit der Pflanzenstoffe ist auch der Grund zu suchen, warum alle Extracte eine braune oder schwarze Farbe haben. Braune Farbe der Extracte.

**Versuch.** Man übergieße einige Loth geschnittener Süßholzwurzel mit der sechsfachen Menge von kochendem Wasser, und presse nach eintägigem Stehen die Flüssigkeit ab: sie wird, nachdem man sie noch durch Fließpapier filtrirt hat, klar, durchsichtig und weingelb sein. Dampft man sie ab oder läßt man sie auf einem warmen Ofen so lange stehen, bis sich das Wasser verflüchtigt hat, so erhält man daraus ein schwarzes Extract, den bekannten Lakritzensaft, der beim Wiederauflösen in Wasser nicht mehr eine gelbliche, sondern eine dunkelbraune Flüssigkeit giebt. Wie die Farbe, eben so hat sich auch der Geschmack merklich verändert. Beide Veränderungen zeigen deutlich, daß während des Abdampfens eine chemische Zersetzung der aufgelösten Stoffe stattgefunden hat. Diese ist derjenigen sehr ähnlich, welche bei der

Braun-Farbe der Extracte. Verwesung oder langsamen Oxydation des Holzes vor sich geht; es wird nämlich Sauerstoff aus der Luft aufgenommen und durch diesen etwas Wasserstoff und Kohlenstoff zu Wasser und Kohlensäure oxydirt, wodurch ähnliche, kohlenreichere, also dunkelgefärbte Stoffe, wie Humus, entstehen. Diese lösen sich zum Theil im Wasser und bewirken die dunkle Farbe der Flüssigkeit; zum Theil aber sind sie nicht mehr löslich und setzen sich daher aus der Lösung als ein dunkelfarbiger Bodensatz ab. Man hat den letzteren mit dem gleichfalls sehr unbestimmten Namen: oxydirter Extractivstoff benannt. Für die Darstellung der Extracte ergiebt sich hieraus die Regel: die Abdampfung der Pflanzensäfte oder Auszüge wo möglich bei Abschluß der Luft und bei gelinder Wärme, am besten im Wasserbade, vorzunehmen.

Oxydirter Extractivstoff.

Isolirte Extractivstoffe.

588. Isolirte Extractivstoffe. In der neuesten Zeit ist es gelungen, mehre dieser eigenthümlichen Stoffe in krystallinischer Gestalt, also als unzweifelhaft bestimmte und selbständige Verbindungen, andere zwar nur pulverig oder extractartig, aber doch als annähernd reine und feste Verbindungen, darzustellen. Von diesen verhalten sich manche den unorganischen Basen (Kali, Natron, Ammoniak 2c.) überaus ähnlich, sie sind nämlich im Stande, Säuren zu neutralisiren und damit Salze zu bilden; dies sind die organischen Basen (596.). Die übrigen dagegen besitzen weder basische noch saure Eigenschaften, sie sind indifferent; diese kann man isolirte oder auch selbstständige, krystallisirte Extractivstoffe nennen, mindestens so lange, bis man durch weitere Untersuchungen ihr chemisches Verhalten genauer ermittelt haben wird. Bis jetzt kennt man deren noch zu wenige, um hierüber etwas Bestimmtes auszusprechen. Die Zahl der bis jetzt bekannten Pflanzen übersteigt 100,000, und es ist nicht unwahrscheinlich, daß in den meisten derselben besondere Extractivstoffe anzutreffen sind; also ein hübsches Feld zu neuen Entdeckungen! Nach dem Mitgetheilten kann man den Namen »Extractivstoff« so übersetzen: Chemisches Allerhand von indifferenten, krystallisirbaren, und von indifferenten, braunen, unkrystallisirbaren Stoffen, denen wir in

den meisten Fällen den eigenthümlichen Geschmack und die eigenthümliche medicinische Wirkung der Pflanzen zuzuschreiben haben. Die meisten derselben zeichnen sich durch einen bitteren Geschmack aus und werden deswegen auch wohl Bitterstoffe genannt. Einige von ihnen, nämlich diejenigen, welche im Wasser ganz unlöslich sind, zeigen erst den ihnen eigenthümlichen Geschmack, wenn man sie in einer anderen Flüssigkeit, z. B. in Weingeist oder Aether, aufgelöst hat. Isolirte Extractivstoffe.

589. Im Nachstehenden sollen nur einige der bekannteren dieser eigenthümlichen Stoffe dem Namen nach aufgeführt werden. Die Einzelnamen für dieselben (ebenso wie die für die Farbstoffe und organischen Basen) werden gewöhnlich aus dem lateinischen Namen der Pflanze mit der Endung »in« gebildet. Bekanntere Extractivstoffe.

Absinthiin, aus der Wermuthpflanze, äußerst bitter; eine farblose, krystallinische Masse.

Aesculin (Schillerstoff), aus der Rinde der Roßkastanien; farblose Nadeln, die in kleinster Menge in Wasser gelöst dieses stark blauschillernd machen.

Amygdalin, aus den bitteren Mandeln, schwach bitter, in seidenglänzenden Schuppen krystallisirbar; sehr merkwürdig dadurch, daß es sich in ein blausäurehaltiges flüchtiges Oel (Bittermandelöl) verwandelt, wenn es mit aufgelöstem Pflanzeneiweiß zusammengebracht wird.

Centaurin, aus dem Tausendgüldenkraute, bitter; bis jetzt nur als Extract bekannt.

Cetrarin, aus dem isländischen Moose, bitter; ein weißes Pulver.

Columbin, aus der Columbowurzel, sehr bitter; krystallisirt in farblosen Säulen.

Gentianin, aus der Gentianwurzel, sehr bitter; krystallisirt in goldgelben Nadeln.

Imperatorin, aus der Meisterwurzel, sehr scharf und brennend; farblose Krystalle.

Lupulin, aus dem Hopfen, angenehm bitter; ein weißes oder gelbliches Pulver.

Bekanntere Extractivstoffe.

Meconin, aus dem Opium (Mohnsaft), scharf schmeckend; in farblosen Krystallen.

Picrotoxin, aus den Kokkelskörnern, äußerst bitter, betäubend und giftig; in farblosen Nadeln.

Quassiin, aus dem Quassienholze, sehr bitter; in farblosen Krystallen.

Salicin, aus der Weidenrinde, bitter; in farblosen Krystallen; wird durch Schwefelsäure intensiv roth; zerfällt leicht zu Saligenin und Zucker.

Santonin, aus dem Wurmsamen, bitterlich; in farblosen Krystallen, welche am Lichte bald gelb werden.

Saponin, aus der Seifenwurzel und den Samen der Kornrade, scharf von Geschmack und giftig; weißes Pulver; macht große Mengen von Wasser stark schäumend.

Scillitin, aus den Meerzwiebeln, ekelhaft bitter; eine weiße, amorphe Masse.

Senegin, aus der Senegawurzel, scharf und kratzend schmeckend; ein weißes Pulver.

---

Glycyrrhizin aus der Süßholzwurzel, sehr süß; hellbraune amorphe Masse.

Populin, aus den Blättern und der Rinde der Pappeln; süß; in weißen Nadeln krystallisirbar; läßt sich in Benzoësäure und Salicin umwandeln.

---

Asparagin, aus dem Spargel, den Hülsenfrüchten oder den Altheewurzeln, von fadem Geschmack; in weißen Krystallen; zerfällt leicht zu Asparaginsäure und Ammoniak.

Smilacin, aus der Sarsaparillwurzel, geschmacklos; in weißen Krystallen.

---

Bei weitem die Mehrzahl dieser Stoffe besteht aus den drei Elementen: Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff; einige wenige nur enthalten außerdem auch noch Stickstoff.

---

## XIII. Farbstoffe oder Pigmente.

590. Wenn die eigenthümlichen Stoffe, die unter dem Namen Extractivstoffe im vorigen Abschnitte besprochen wurden, gefärbt sind oder durch Einwirkung anderer Stoffe farbig werden, so nennt man sie Farbstoffe oder Pigmente. Von den Farben, deren unnachahmliche Pracht und Mannichfaltigkeit wir in den Blumen der Pflanzen bewundern, sind die meisten so überaus vergänglich, daß sie beim Welken und Trocknen derselben verblassen und vergehen; besonders schnell dann, wenn sie zugleich dem Sonnenlichte ausgesetzt werden (Verschießen). Dasselbe geschieht, wenn man den färbenden Stoff durch Auspressen oder auf andere Weise auszuziehen oder abzuscheiden versucht. Einige wenige Pflanzen nur enthalten, bald in den Wurzeln oder dem Holze, bald in den Blättern oder Früchten, farbige Säfte von solcher Beständigkeit, daß sie vom Lichte schwieriger und langsamer zerlegt werden und sich ausziehen und dann zum Färben anderer Stoffe benutzen lassen. Durch Chlor oder schweflige Säure werden jedoch auch diese Farben in Weiß umgeändert (gebleicht). Das Ausziehen kann in den meisten Fällen durch Wasser, zuweilen auch durch Weingeist oder andere Flüssigkeiten bewirkt werden. Wie bei den Extractivstoffen des vorigen Abschnittes, so ist es auch bei mehren Farbmaterialien gelungen, den färbenden Stoff in krystallisirter Gestalt abzuscheiden; bei anderen dagegen kennt man ihn nur in der Form eines Extractes. Die Namen, welche man diesen Farbstoffen gegeben hat, endigen sich gleichfalls in »in« und sind bei der nachfolgenden Zusammenstellung der wichtigsten als Färbemittel gebräuchlichen Pflanzentheile in Klammern eingeschlossen worden. Farbstoffe, Pigmente.

591. Rothe und violette Farbmaterialien.

Krapp. a) Krapp ist die gemahlene Wurzel der Färberröthe. Die frische Wurzel sieht gelb aus und enthält einen gelbrothen Farbstoff (Ruberythrinsäure), der durch die Einwirkung der Luft in Alizarin und Zucker zerfällt; hiedurch färbt sich die Wurzel nach und nach roth und liefert nun das Material, aus dem man in den Zeugfärbereien ein ausgezeichnet dauerhaftes oder ächtes Roth, z. B. das brillante türkische Roth darzustellen versteht; auch schöne Deckfarben, z. B. Krapplack, werden daraus erzeugt. (Farbstoff: Alizarin oder Krapproth, krystallisirbar in gelbrothen Nadeln, löslich in kochendem Wasser.) Der Krapp enthält außerdem noch einen anderen rothen (Purpurin), ferner einen gelben, einen gelbrothen und einen braunen Farbstoff.

Rothholz. b) Rothholz (Fernambuck- oder Brasilienspähne), das zerkleinerte Kernholz mehrer südamerikanischer Bäume, giebt auf Zeugen ein schönes, aber wenig dauerhaftes (unächtes) Roth. Weiterer Gebrauch zur Bereitung der rothen Tinte, des Kugel- oder Wienerlacks ꝛc. (Farbstoff: Brasilin, krystallisirbar in gelbrothen Nadeln, leicht löslich in Wasser.)

Safflor. c) Safflor, die Blüthen des wilden Safrans, werden zur Erzeugung eines prächtigen Rosenroths (Tassenroth) benutzt. (Farbstoff: Carthamin, löslich in Wasser.)

Alkanna. d) Die Alkannawurzel enthält in ihrer Rinde einen harzähnlichen, also in Wasser nicht löslichen Farbstoff, mit dem man Zeuge violett, Weingeist, Oele (z. B. Steinöl) und Fette (z. B. Lippenpomade) aber rosenroth färbt.

Sandel. e) Sandelholz, das zu Pulver zermahlene, blutrothe Holz eines ostindischen Baumes, enthält ebenfalls einen rothen, harzigen Farbstoff (Santalin).

Fruchtroth. f) Die in vielen Früchten, z. B. Kirschen, Himbeeren ꝛc., vorkommenden rothen Pigmente besitzen eine sehr geringe Dauerhaftig-

keit und werden nur zum Färben von Eßwaaren, Liqueuren &c. angewendet.

g) Die Cochenille ist ein getrocknetes Insect, das aus Meriko zu uns gebracht wird. Aus ihm wird der bekannte rothe Carmin, in den Färbereien aber ein ausgezeichnetes Scharlach- und Purpurroth dargestellt (Coccusroth, purpurrothe krystallinische Körner). Cochenille.

h) Lac-Lac oder Lac-dye, eine schwarzrothe harzige Masse, die bei der Bereitung des Schellacks (570.) gewonnen wird, enthält einen dem Coccusroth sehr ähnlichen rothen Farbstoff. Lac-Lac.

592. Gelbe Farbmaterialien.

a) Gelbholz ist das zerkleinerte Stammholz eines in Westindien wachsenden Maulbeerbaumes. (Morin, krystallisirbar in gelben Nadeln, in Wasser löslich.) Gelbholz.

b) Quercitron, ein nankinggelbes, mit zerrissenen Fasern gemengtes Pulver, wird von der Rinde der nordamerikanischen Färbereiche gewonnen. (Quercitrin, gelbes Pulver, löslich in Wasser.) Quercitron.

c) Kreuzbeeren, Persische, oder Gelbbeeren sind die unreif abgenommenen Früchte des in warmen Ländern wachsenden Kreuzdorns. (Farbstoff nur als Extract bekannt, in Wasser löslich.) Kreuzbeeren.

d) Wau wird die nach dem Abblühen getrocknete, wilde Resedapflanze genannt. (Luteolin, krystallisirbar in gelben Nadeln, in Wasser löslich.) Wau.

Die vier zuletzt erwähnten Farbmaterialien werden hauptsächlich angewendet, um Seide, Wolle, Baumwolle und andere Stoffe gelb zu färben.

e) Orlean kommt als ein braunrother Teig vor, der aus den Früchten des Orleanbaumes dargestellt wird, und enthält zwei Farbstoffe, einen gelben und einen rothen. Der erstere löst sich auf, wenn man den Orlean mit Wasser kocht, der letztere beim Kochen desselben mit schwacher Lauge (Orellin.) Orlean.

f) Curcuma, die Wurzel einer amerikanischen Pflanze, ist sehr reich an einem harzigen, gelben Pigmente, welches durch Alkalien Curcuma.

Curcuma. braunroth wird. Damit gefärbtes Papier kann deshalb, ebenso wie das rothe Lackmuspapier, zur Erkennung von Alkalien gebraucht werden. (Curcumin, eine amorphe, gelbe Masse.)

Safran. g) Safran besteht aus den getrockneten Staubwegen der Crocusblume. Seine Anwendung zum Gelbfärben von Eßwaaren und Liqueuren ist bekannt genug. (Polychroit.)

593. Grüne Farbmaterialien.

Blattgrün: Chlorophyll. Blattgrün (Chlorophyll) gehört zu den verbreitetsten Stoffen des Pflanzenreichs, da es in allen Pflanzentheilen vorkommt, welche eine grüne Farbe besitzen. So wie es in den Chlorophyllkügelchen der Pflanzen angetroffen wird, ist es ein Gemenge von mehren noch nicht genau gekannten Farbstoffen und Wachs. Daß es vom Wasser nicht aufgelöst wird, bedarf kaum der Erwähnung, denn außerdem müßte das Wasser grün werden, wenn es über Wiesen hinwegfließt. Die ausgepreßten Kräutersäfte sind zwar grün, man kann aber an ihrer Undurchsichtigkeit schon erkennen, daß das Blattgrün darin nur mechanisch mit der Flüssigkeit gemengt ist; noch deutlicher erfährt man dies durch das Ausscheiden desselben, wenn sie einmal aufgekocht werden oder einige Zeit ruhig stehen bleiben. Gießt man dagegen Weingeist, Aether oder dünne Lauge auf grüne Blätter, so erhält man grüne Auflösungen; daher haben auch alle Tincturen der Pharmacie eine grüne Farbe, die aus Blättern oder Stengeln dargestellt werden. Die grüne Farbe zeigt sich nur in den Pflanzentheilen, welche dem Lichte ausgesetzt sind; wir sehen daraus, daß die chemische Verbindung, welche wir Chlorophyll nennen, sich nur unter Mitwirkung des Lichtes erzeugt. Aus den Pflanzen abgeschieden, wird dieser Farbstoff sehr bald zersetzt; er eignet sich daher gar nicht dazu, um andere Körper, außer etwa Liqueure und andere Flüssigkeiten, damit zu färben. In den Blättern selbst wird er im Herbste, wahrscheinlich durch einen Oxydationsproceß, in Blattgelb oder Blattroth umgeändert.

Saftgrün ist ein aus dem Safte der Kreuzbeeren mit Zusatz von Alaun dargestelltes Extract. Saftgrün.

594. Blaue Farbmaterialien.

Indigo. Mehre Pflanzen heißer Klimate enthalten einen farblosen Saft, aus dem sich beim Stehen an der Luft, durch Aufnahme von Sauerstoff, ein blauer Schlamm absetzt, welcher nach dem Trocknen den bekannten Indigo darstellt. Man erhält diesen wissenschaftlich und technisch sehr wichtigen Körper im Handel gewöhnlich in schwarzblauen, lose zusammenhängenden Stücken, die beim Reiben mit dem Fingernagel einen kupferrothen Glanz annehmen. Der prächtig blaue Farbstoff desselben wird Indigblau genannt; außer diesem enthält der rohe Indigo aber auch noch andere fremdartige Stoffe (Indig-Leim, -Braun, -Roth). Indigo.

Der Indigo ist in Wasser, Weingeist, Aether ꝛc. ganz unauflöslich; unter den bekannteren Flüssigkeiten giebt es nur eine, die ihn aufzulösen vermag, die rauchende Schwefelsäure (170.). Dabei vereinigt das Indigblau sich chemisch mit der Schwefelsäure zu einer blauen, im Wasser löslichen Verbindung, die den Namen Indigschwefelsäure erhalten hat. Was wir Indigtinctur nennen, ist also der Hauptsache nach ein Gemenge von Wasser, Indigschwefelsäure und freier Schwefelsäure. Auf Zeugen stellt man in den Färbereien mit solcher Indiglösung das sogenannte sächsische Blau dar. Indigo und Schwefelsäure.

Die Indigschwefelsäure verbindet sich, ganz auf dieselbe Weise wie eine einfache Säure, mit Basen zu Salzen; wir haben diese Verbindung demnach als eine gepaarte anzusehen (434.). Das bekannteste von diesen Salzen ist das indigschwefelsaure Kali (blauer Carmin), welches man als einen tiefblauen Niederschlag erhält, wenn die Indigschwefelsäure mit Kali neutralisirt wird. Der blaue Carmin ist zwar in reinem Wasser auflöslich, nicht aber in salzhaltigem. Blauer Carmin.

Desoxydation des Indigos. Auf eine ganz andere Weise gelangt man dahin, den Indigo löslich zu machen, wenn man ihn mit Körpern zusammenbringt, die eine sehr große Begierde haben, Sauerstoff an sich zu ziehen, z. B. mit Eisenoxydul, Zinnoxydul ꝛc. Desoxydation des Indigos.

Desoxydation des Indigos. Versuch. Man reibe ½ Quentchen feingepulverten Indigo mit 1 Quentchen Eisenvitriol und 1½ Quentchen gelöschtem Kalk zusammen, schütte das Gemenge in ein Vierunzenglas, das man nachher voll Wasser füllt und gut zustöpselt, und lasse es einige Tage stehen: der Indigo verliert allmälig seine blaue Farbe und löst sich zu einer klaren, gelblichen Flüssigkeit auf. Der die Entfärbung bewirkende Körper ist das Eisenoxydul, welches durch den Kalk aus dem Eisenvitriol ausgeschieden wird. Dieses entzieht nämlich dem Indigo Sauerstoff, wodurch er farblos und in Kalkwasser löslich wird (reducirter Indig oder Indigweiß). So wie die klare Flüssigkeit an die Luft kommt, zieht sie wieder Sauerstoff an und wird blau. Taucht man ein Stückchen Fließpapier in dieselbe, so zieht es sich voll Indiglösung, und wird beim Trocknen an der Luft erst grün, dann blau, und das entstandene Blau haftet ganz fest, da es nicht auf sondern in den Fasern des Papiers festsitzt. In den Färbereien heißt eine solche Indiglösung kalte Küpe. Ein dritter Weg, den Indig löslich zu machen, ist der, daß man ihn zu einem Gemenge von Kleie, Waid und Krapp ꝛc. mit heißem Wasser bringt, welches (unter Zusatz von Pottasche und Kalk) in Gährung übergegangen ist. Die Gährung ist theilweise eine saure, theilweise eine faulige; zum Verlauf beider Processe wird Sauerstoff gebraucht, welcher zum Theil von dem Indigo genommen wird. Der desoxydirte farblose Indigo löst sich in der alkalischen Flüssigkeit auf (warme Küpe). Durch Behandlung des Indigos mit Körpern, die leicht Sauerstoff abgeben, z. B. mit Salpetersäure, Chromsäure ꝛc., lassen sich aus demselben zahlreiche Oxydationsproducte (Isatin, Anilin, Anthranilsäure, Pikrinsalpetersäure ꝛc.) darstellen.

Waid. Waid ist eine bei uns einheimische Pflanze, die ebenfalls Indigo enthält, nur in weit geringerer Menge als die ausländische Indigopflanze.

Blauholz. Blauholz oder Campechenholz, das rothbraune Kernholz eines amerikanischen Baumes, gehört zu den bekanntesten zum Blau-, Violett- und Schwarzfärben von Zeugen angewendeten Farbmateria-

lien. (Hämatoxylin, in gelben Krystallen, die an der Luft, durch das immer darin enthaltene Ammoniak, schnell violett und blau werden.)

Flechtenblau. Mehre in England und Frankreich auf Felsen wachsende Flechten enthalten eigenthümliche, überaus leicht veränderliche (Orsellsäure, Erythrinsäure, Orcin ꝛc.) Stoffe, die, obwohl an und für sich farblos, doch schön purpurroth werden, wenn sie mit Ammoniak in Berührung kommen. Gewöhnlich läßt man die gemahlenen Flechten mit Urin faulen und erhält daraus einen rothen oder violetten Brei (Orseille, Persio). Durch Kali- oder Kalkzusatz wird dieses Roth in Blau umgewandelt (Lackmus). Beide Farbstoffe sieht man recht deutlich an dem rothen und blauen Probirpapiere. Lackmus.

595. Versuche mit Farbstoffen.

Versuch a. Man schütte eine Messerspitze voll Sandelholz auf ein Filtrum und gieße Weingeist darüber: der ablaufende Weingeist hat eine rothe Farbe und färbt, auf einen Holzspahn gegossen, diesen intensiv blutroth. Die Tischler wenden eine solche Lösung häufig zum Färben (Beizen) von Möbeln an. Eine rosenrothe Farbe bekommt der Weingeist, wenn man in ihn ein wenig Rinde von der Alkannawurzel wirft. Wasser zieht weder aus dem einen noch aus dem anderen dieser Materialien das rothe Pigment aus. Solche nur in Weingeist lösliche Farbstoffe werden harzartige genannt. In Weingeist lösl. Farbstoffe.

Versuch b. Man koche in einem Töpfchen 1) Gelbbeeren, 2) Rothholz und 3) Blauholz, jedes für sich, mit der 12fachen Menge Wasser einige Zeit; die abgegossene Brühe wird bei 1. gelb, bei 2. röthlichgelb, bei 3. braunroth aussehen; Beweis genug, daß die in den gedachten Pflanzentheilen enthaltenen Farbstoffe sich in Wasser aufgelöst haben. Die Färber nennen solche Farbebrühen Flotten. In Wasser lösl. Farbstoffe.

Versuch c. Die erhaltenen Farbebrühen werden in zwei Hälften getheilt. In der einen Hälfte löse man in jedweder ½ Loth Alaun auf und versetze die Lösung dann so lange mit einer Pottascheauflösung, als ein Niederschlag entsteht. Aus 260. ist bekannt, daß Lackfarben.

Lackfarben. hiebei Thonerdehydrat niederfallen muß; mit diesem verbunden fällt aber zugleich der Farbstoff nieder und deshalb sind die Niederschläge gefärbt. Man nennt diese Niederschläge **Lackfarben**. Der aus den Gelbbeeren gewonnene Lack kommt im Handel unter dem Namen Schüttgelb, der aus Rothholz dargestellte als Wiener- oder Kugellack vor.

Färben. Versuch d. Man bereite sich eine Lösung von Alaun (a), eine andere von Zinnsalz (b), eine dritte von Eisenvitriol (c), eine vierte von Pottasche (d), eine fünfte von Weinsäure (e), und tränke mit jeder ein Blatt von weißem Fließpapier. Nach dem Trocknen wird jedes Blatt in drei Streifen zerschnitten und der eine davon mit Gelbholz-, der andere mit Rothholz-, der dritte mit Blauholzbrühe bestrichen und abermals getrocknet; man wird finden, daß ein und derselbe Farbstoff auf jedem der fünf Papiere eine andere Farbe oder Farbennüance zeigt. Ganz unansehnlich wird die letztere erscheinen, wenn man bloßes Fließpapier mit den Farbebrühen bestreicht (f). Legt man nun die gefärbten und getrockneten Papiere in warmes Wasser, so wird sich aus den drei letzten Proben (d, e, f) die Farbe größtentheils wieder auflösen, nicht aber aus den ersteren (a, b, c). Solche Salze, welche, wie Alaun, Zinnsalz und Eisenvitriol, die Fähigkeit haben, mit den Farbstoffen unlösliche und in den Fasern der Zeuge Beizen. festhaftende Verbindungen einzugehen, werden **Beizen** genannt und in den Färbereien und Druckereien allgemein angewendet, um die Pigmente auf den verschiedenen Stoffen, z. B. auf Seide, Wolle, Baumwolle, Leinen ꝛc., zu fixiren. Was die Färbung bewirkt, ist eine unlösliche Lackfarbe, d. h. eine Verbindung des Farbstoffs mit Thonerde, Zinnoxyd oder Eisenoxyd, die aber, wenn sie festhalten soll, erst in den Poren der Faserstoffe gebildet werden muß. Bildet sie sich außerhalb derselben, so bedeckt sie die Fasern nur äußerlich und haftet dann nur mechanisch **auf** denselben; eine solche Farbe läßt sich durch Reiben und Klopfen, sowie durch Waschen, von den Stoffen wieder entfernen.

Drucken. Auf gleiche Weise verfährt man in der **Zeugdruckerei**, nur mit dem Unterschiede, daß man die Beizen hier nur **stellenweise**

aufträgt, oder sie, dafern das Zeug im Ganzen gebeizt wurde, stellenweise wieder wegnimmt (197.). Kommt ein so behandeltes Gewebe dann in Farbebrühen, so schlägt sich der Farbstoff nur an den gebeizten Stellen nieder und man erhält, statt einer ununterbrochenen gleichmäßigen, eine unterbrochene, gemusterte Färbung. Drucken.

---

# XIV. Organische Basen oder Pflanzenbasen. (Alkaloide.)

596. Bei den Extractivstoffen wurde schon erwähnt, daß manche Pflanzen eigenthümliche Stoffe enthalten, die sich, ähnlich wie die unorganischen Basen, mit Säuren zu Salzen vereinigen können; man faßt diese zusammen unter dem Namen: organische Basen. Viele derselben zeigen auch, den Alkalien ähnlich, eine basische Reaction gegen rothes Probirpapier, daher die zweite Benennung: Alkaloide. Wie die organischen Säuren sich zu den unorganischen Säuren verhalten, so verhalten sich die organischen Basen zu den unorganischen Basen: sie sind aus mehr als zwei, gewöhnlich aus 4 Elementen (Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff) zusammengesetzt (die unorganischen nur aus zwei Elementen); sie verkohlen und verbrennen in der Hitze (die unorganischen nicht); sie erleiden bei Gegenwart von Wasser und Wärme eine Zersetzung durch Fäulniß (die unorganischen nicht). Charakteristisch für sie ist, daß sie alle Stickstoff in ihrer Mischung enthalten; man kann sie deshalb als gepaarte Ammoniakverbindungen ansehen (434.). Organische Basen.

Fast alle organischen Basen lösen sich schwer oder gar nicht in Wasser, leichter dagegen in Weingeist; diese Lösungen zeigen dann gewöhnlich einen sehr bitteren Geschmack. Mit Säuren verbunden, als Salze, lösen sie sich in der Regel viel leichter in Wasser auf als in reiner Gestalt. Löslichkeit der organischen Basen.

Wirkung der organischen Basen. Die meisten der bis jetzt bekannten organischen Basen stammen von solchen Pflanzen her, die sich durch Giftigkeit oder doch durch eine besondere Heilkraft auszeichnen, und man kann annehmen, daß sie es vorzugsweise sind, welche diesen Pflanzen ihre giftigen oder medicinischen Wirkungen ertheilen. Viele davon gehören zu den allerheftigsten und gefährlichsten Giften, in sehr geringen Gaben aber zu den kräftigsten Heilmitteln. Ein Gran davon besitzt oft dieselbe medicinische Kraft, wie ein oder mehre Lothe des Pflanzentheiles, aus dem sie gewonnen wurden.

Org. Basen u. Gerbsäure. Die Pflanzenbasen werden, wenn sie aufgelöst sind, fast ohne Ausnahme durch Gerbsäure, als schwer oder ganz unlösliche gerbsaure Salze niedergeschlagen; man wendet deshalb gerbsäurehaltende Flüssigkeiten, z. B. Galläpfeltinctur, Abkochungen von grünem Thee oder Eichenrinde 2c., nicht nur als Reagentien zur Erkennung der Pflanzenbasen an, sondern auch als wirksame Gegenmittel bei etwa durch sie veranlaßten Vergiftungsfällen.

Darstellung der organischen Basen. In den Pflanzen trifft man die Pflanzenbasen in der Regel mit Pflanzensäuren verbunden an. Um sie von diesen zu trennen und aus den Pflanzenstoffen auszuziehen, pflegt man die letzteren gewöhnlich mit Wasser und einer Säure zu übergießen, die stärker ist als die Pflanzensäure und mit der Basis ein leichtlösliches Salz bildet (Salzsäure, Schwefelsäure 2c.). Setzt man dann zu der sauren Lösung eine unorganische Basis (Kali, Ammoniak, Kalk, Magnesia 2c.) hinzu, so wird die organische Basis ausgefällt. Außer dieser Darstellungsart giebt es aber noch viele andere Bereitungsmethoden; sie sind sämmtlich umständlich und weitläufig, weil sich mit den Basen zugleich vielerlei andere Substanzen aus den Pflanzen ausziehen, die sich häufig genug nur durch mühsame Reinigungsoperationen entfernen lassen.

Bekanntere organische Basen. 597. Zusammenstellung der wichtigsten organischen Basen:

Aconitin, aus der Aconitpflanze (Sturmhut), ein weißes körniges Pulver; höchst giftig ($\frac{1}{50}$ Gran tödtete einen Sperling).

Atropin, aus der Belladonnapflanze (Tollkraut), namentlich

aus der Wurzel; in zu Büscheln vereinigten Nadeln krystallisirbar; äußerst giftig. Bekanntere organische Basen.

Chelidonin, aus dem Schöllkraute, krystallisirt in farblosen Täfelchen.

Chinaalkaloide. Chinin findet sich, an Chinasäure gebunden, hauptsächlich in der Königschinarinde und ist in seidenartigen Nadeln krystallisirbar oder pulverförmig weiß; außerdem kommt es aber auch unter dem Namen Chinoidin amorph, als eine schwarzbraune, harzähnliche Masse vor. Ein sehr wichtiges Arzneimittel. Am häufigsten wird zu diesem Zwecke das basisch-schwefelsaure Chinin, welches in weißen, locker zusammengehäuften Nadeln krystallisirt, angewendet. Dieses ist in Wasser sehr schwer löslich, wird aber leicht davon aufgelöst, wenn man so viel Schwefelsäure hinzubringt, daß neutrales schwefelsaures Chinin entsteht. Der Geschmack dieser Chininpräparate ist sehr bitter. Eine andere dem Chinin sehr ähnliche Pflanzenbase kommt hauptsächlich in der grauen Chinarinde vor; sie krystallisirt in weißen Säulen und hat den Namen Cinchonin erhalten. Neuerdings hat man noch zwei andere Chinabasen, das Chinidin und das Cinchonidin, dargestellt, von denen die erstere mit dem Chinin und die letztere mit dem Cinchonin isomerisch ist.

Caffeïn oder Theïn, aus den ungerösteten Kaffeebohnen und dem grünen und schwarzen Thee, worin es mit Gerbsäure verbunden vorkommt; krystallisirbar in weißen, zarten, seidenähnlichen Krystallnadeln.

Colchicin, aus der Zeitlose, in weißen Nadeln krystallisirbar; erregt eingenommen das heftigste Erbrechen.

Daturin, aus dem Stechapfel, namentlich dem Samen; farblose Krystallnadeln, höchst giftig.

Emetin, aus der Brechwurzel (Ipecacuanha), kommt rein als ein weißes Pulver, unvollständig gereinigt als ein braunes Extract vor und wirkt sehr stark brechenerregend.

Hyoscyamin, aus dem Bilsenkraute, sternförmig vereinigte weiße Krystallnadeln; narkotisch (betäubend) giftig.

Bekanntere organische Basen.

Opiumalkaloide. In dem Opium, dem eingetrockneten Milchsafte des Mohns, wurde 1806 von Sertürner die erste Pflanzenbasis entdeckt und Morphin genannt; sie findet sich darin an Meconsäure gebunden und ist in farblosen Säulen krystallisirbar; narkotisch giftig, in kleinen Gaben ein sehr geschätztes Arzneimittel. Am häufigsten wird das essigsaure Morphin in der Heilkunde angewendet. Durch spätere Untersuchungen wurden in dem Opium noch aufgefunden: Narcotin, Narcein, Codein, Thebain, Opianin, Papaverin und Porphyroxin.

Piperin, im weißen, schwarzen und langen Pfeffer; weiße Krystallnadeln.

Solanin, in mehren Solanumarten, vorzüglich in den weißen Kartoffelkeimen; weiße oder gelbliche Krystallblättchen; narkotisch-giftig, doch nicht so stark, als man bisher glaubte.

Strychnin, in den Krähenaugen (den Früchten des Strychnosbaumes) und dem indianischen Pfeilgifte, in Säulen oder Octaedern krystallisirbar; höchst bitter schmeckend und höchst giftig wirkend. Reibt man 1 Tropfen Kaliumeisencyanidlösung und 2 Tropfen englische Schwefelsäure in einem Porzellanschälchen durch einander und setzt der Mischung auch nur ein Stäubchen von Strychnin zu, so erscheint eine prachtvoll blaue Färbung, die bald in Violett und später in Roth übergeht und zur Erkennung und Unterscheidung des Strychnins von anderen Alkaloiden dient. Von den Salzen ist das salpetersaure Strychnin das gebräuchlichste. Gemeinschaftlich mit dem Strychnin kommt oft noch eine andere Base, das Brucin, vor.

Theobromin, in den Cacaobohnen; weißes, krystallinisches Pulver.

Veratrin, in der weißen Nießwurzel und dem Sabadillsamen; ein weißes, glänzendes Pulver; höchst giftig; erregt in die Nase gebracht das heftigste Niesen. (1/16 Gran tödtete eine Katze.)

Flüchtig und flüssig sind:

Coniin, aus dem Schierling, hauptsächlich aus dem Samen;

eine farblose, öläähnliche Flüssigkeit von widerlichem, durchdringendem Geruch; sauerstofffrei; höchst giftig. Bekanntere organische Basen.

Nicotin, aus den Tabacksblättern, farblos, ölartig, von taback-ähnlichem, beim Erhitzen betäubendem Geruch; sauerstofffrei; höchst giftig (1/4 Tropfen tödtete ein Kaninchen).

Auch auf künstliche Weise lassen sich Pflanzenbasen erzeugen, z. B.

das Anilin aus dem Indigo oder aus dem Steinkohlentheer,

das Furfurin aus der Weizenkleie,

das Sinammin aus dem Senföle u. a. m.

## Rückblick auf die Extractiv- und Farbstoffe und auf die Pflanzenbasen.

1) Außer den allgemein verbreiteten Pflanzenstoffen kommen fast in jeder Pflanze noch eigenthümliche Stoffe vor, von denen in vielen Fällen die Wirkung, der Geschmack und die Farbe dieser Vegetabilien abhängen.

2) Gemengt mit mancherlei anderen Substanzen findet man diese eigenthümlichen Stoffe in den eingedickten Pflanzen-Säften oder Auszügen, in den sogenannten Extracten.

3) Manche derselben sind stickstofffrei, andere stickstoffhaltig, noch andere zugleich schwefelhaltig.

4) Extractivstoffe werden diejenigen Verbindungen genannt, welche indifferent sind und keine hervorstechende Farbe besitzen; sie heißen auch Bitterstoffe, weil sie meistens bitter schmecken.

5) Farbstoffe sind Extractivstoffe, die entweder an und für sich gefärbt sind, oder durch Einwirkung anderer Körper in farbige Verbindungen übergehen; sie werden durch Chlor schnell, durch Licht und Luft langsam in ungefärbte Verbindungen umgewandelt (gebleicht).

6) Die Farbstoffe zeigen eine große Affinität zu einigen Basen, namentlich zur Thonerde und zu den Oxyden des Eisens und Zinns, und bilden damit unlöslich gefärbte Verbindungen (Lackfarben); in

der Färberei und Druckerei erzeugt man diese unlöslichen Niederschläge in den Fasern der Garne oder Zeuge.

7) Die Pflanzenbasen können sich, ähnlich wie Kali oder Natron, mit Säuren zu Salzen verbinden; viele derselben zeigen auch eine alkalische Reaction; die meisten sind schwer löslich in Wasser, aber leicht löslich in Weingeist.

8) Die Pflanzenbasen kommen hauptsächlich in solchen Pflanzen vor, welche sich durch besondere Giftigkeit oder Heilkraft auszeichnen. Viele davon gehören zu den heftigsten Giften.

9) Fast alle Pflanzenbasen enthalten Stickstoff.

---

## XV. Organische Säuren.

Organische Säuren.

598. Die organischen Säuren finden sich viel häufiger und reichlicher in dem Pflanzenreiche, als die organischen Basen. Mehre derselben kommen frei oder als saure Salze vor; daher der saure Geschmack, den wir an so vielen Pflanzenstoffen, namentlich an den unreifen Früchten, wahrnehmen. Häufig sind sie auch vollständig durch Basen neutralisirt, oder auch unlöslich, z. B. in den Harzen und Fetten, und in diesen beiden Fällen verrathen sie sich nicht durch den Geschmack. Außer diesen natürlich vorkommenden Säuren sind noch sehr viele bekannt geworden, die man auf künstliche Weise aus anderen nicht sauren Pflanzenstoffen erzeugen kann; so stellt man aus Holz Essigsäure und Humussäure, aus Zucker Oxalsäure und Ameisensäure, aus Gummi Schleimsäure, aus Weingeist Essigsäure, aus Fuselgeist Baldriansäure, aus Salicin spirige Säure dar u. a. m. Die allgemeinen Eigenschaften dieser Säuren sind schon früher (193. und folg.) angeführt worden; hier sollen nur noch einige der bekannteren zusammengestellt werden.

Oxalsäure und Weinsäure, s. 194. 196.

Essigsäure, s. 198. 509.

599. **Traubensäure** kommt in dem Safte mancher Weintrauben vor und krystallisirt, wie die Weinsäure, der sie sehr ähnlich ist, in farblosen, sehr sauer schmeckenden Säulen. Traubensäure.

600. **Citronensäure** findet sich frei in dem Safte der Citronen, außerdem auch in den Johannis- und Stachelbeeren und vielen anderen Früchten. Durch Abdampfen des Citronensaftes erhält man nur ein saures, braunes Extract, weil alle übrigen, nichtflüchtigen Bestandtheile des ersteren mit zurückbleiben; neutralisirt man aber den Saft mit Kreide, so fällt schwer löslicher citronensaurer Kalk nieder, während die fremdartigen Stoffe größtentheils aufgelöst bleiben. Aus dem citronensauren Kalk erhält man durch Zersetzung mit verdünnter Schwefelsäure Gyps und eine Lösung von Citronensäure, die beim Abdampfen farblose, säulenförmige Krystalle liefert. Eine Mischung der angenehm sauer schmeckenden Citronensäure (oder auch Weinsäure) mit Zucker ist unter dem Namen Limonadenpulver bekannt. Durch gelindes Schmelzen geht die Citronensäure in **Aconitsäure** über, eine Säure, die man auch natürlich in dem Sturmhute findet. Citronensäure.

601. **Aepfelsäure**, in den sauren Aepfeln, unreifen Stachelbeeren, Vogelbeeren (Früchte der Eberesche) und vielen anderen Pflanzen; fast überall im Pflanzenreiche verbreitet; sehr zerfließlich und daher schwer krystallisirbar; läßt sich durch Gährung in Bernsteinsäure umwandeln. Aepfelsäure, Citronensäure und Weinsäure finden sich gemeinschaftlich fast in allen sauren Früchten. Aepfelsäure.

602. **Gerbsäuren** (Gerbstoff, Tannin) nennt man im Allgemeinen die ungemein häufig in den Pflanzen, besonders in den Rinden der Bäume verbreiteten Stoffe, welche diesen den bekannten herben und **zusammenziehenden** Geschmack ertheilen. Man betrachtet sie als Säuren, weil sie sauer reagiren und im Stande sind, sich mit Basen zu verbinden. Nach den Pflanzen, in welchen sie vorkommen, pflegt man zu unterscheiden: Eichengerbsäure, Catechu-, China-, Kaffeegerbsäure u. a. m. Am genauesten gekannt ist die erste. Gerbsäuren.

603. **Eichengerbsäure.** Diese findet man am reichlichsten in den Galläpfeln und der jungen Eichenrinde. Im reinen Zustande bildet sie eine Eichengerbsäure.

Eichengerbsäure. weiße oder gelbliche, gummiähnliche Masse, die sich sehr leicht in Wasser und Weingeist auflöst. In der Galläpfeltinctur macht sie den Hauptbestandtheil aus. Zwei Eigenschaften sind es hauptsächlich, welche diese Gerbsäure charakterisiren und zu einem für's gewerbliche Leben überaus wichtigen Körper gestempelt haben:

a) Sie giebt mit Eisenoxydsalzen einen blauschwarzen Niederschlag von gerbsaurem Eisenoxyd (285.) und wird deshalb allgemein zum Grau- und Schwarzfärben von Zeugen aller Art, zur Bereitung von Tinte 2c. angewendet.

b) Weiter verbindet sie sich, wie auch die anderen Arten von Gerbsäure, mit der thierischen Haut zu einer im Wasser unlöslichen, der Fäulniß nicht mehr unterworfenen Verbindung, zu Leder; daher der Name Gerbstoff; daher die ausgedehnte Benutzung der gerbstoffhaltigen Pflanzentheile (Eichen-, Fichten-, Birken-Rinde 2c.) in den Lohgerbereien.

Gallussäure. 604. Gallussäure. Bleibt eine Auflösung von Gerbsäure lange Zeit an der Luft stehen, so verwandelt sich die letztere in zwei neue Säuren, in Gallussäure und Ellagsäure. Beide sind demnach auch in alter Galläpfeltinctur und alter Tinte anzutreffen. Die Gallussäure ist in weißen Nadeln oder Säulen krystallisirbar; ihre Lösung giebt, wie die der Gerbsäure, mit Eisenoxydsalzen einen blauschwarzen Niederschlag, wirkt aber nicht gerbend auf die Thierhaut. Beim Erhitzen verwandelt sie sich in Pyrogallussäure, einen Körper, welcher, in alkalischer Lösung, durch eine sehr große Neigung, Sauerstoff anzuziehen, ausgezeichnet ist und dieser Eigenschaft wegen in der Photographie Verwendung findet.

Gerbmaterialien. 605. Gerbmaterialien. Als gerbstoffreiche Färbe- und Gerbmaterialien kommen hauptsächlich folgende im Handel vor:

a) Galläpfel. Sie entstehen auf den Eichenblättern durch den Stich eines Insectes. Die besten kommen aus Kleinasien (Aleppische) und bestehen beinahe zur Hälfte aus Gerbsäure; geringhaltigere Sorten beziehen wir aus Italien und Ungarn (Knopern). Die an unseren Eichen wachsenden Galläpfel enthalten nur wenig Gerbsäure Unter dem Namen:

b) Chinesische Galläpfel, hohle, knollenartige grau röthliche Pflanzengebilde (aus erhärtetem Baumsaft gebildete Blattlausblasen), die bis zu 70 Proc. Gerbsäure enthalten; bilden erst seit Kurzem einen Handelsartikel. Gerbmaterialien.

c) Catechu, das braune, trockne Extract der indischen Catechu-Acacie, wird jetzt sehr häufig in den Färbereien und Druckereien zur Erzeugung von braunen Farben, zuweilen auch zum Gerben von Häuten benutzt.

d) Kino, das braunschwarze Extract eines ostindischen Baumes.

e) Sumach oder Schmack, die gemahlenen Blätter mehrer Rhus-Arten; sehr wichtig für die Färberei.

f) Divi-Divi, die Samenkapseln einer afrikanischen Pflanze.

g) Bablah, die Schoten einer ostindischen Mimosenart.

h) Granatschalen, Wallnußschalen 2c. 2c.

i) Baumrinden, als: von Eiche, Erle, Birke, Weide, Fichte 2c.

606. Die bisher genannten Säuren gehören, nebst der schon früher besprochenen Wein-, Oxal- und Essigsäure, zu den sehr verbreiteten Säuren; außer diesen giebt es aber noch sehr viele andere, die nur in einzelnen Pflanzen oder Pflanzen- und Thierstoffen angetroffen oder daraus künstlich erzeugt werden, als: Seltenere organische Säuren.

Bernsteinsäure, im Bernstein; weiße, in der Hitze flüchtige Krystalle; entsteht auch durch Oxydation der Stearinsäure, oder durch Gährung des Saftes der Vogelbeeren aus der in diesem enthaltenen Aepfelsäure.

Benzoësäure, im Benzoëharze; weiße, in der Hitze flüchtige Krystallnadeln; bildet sich auch in manchen ätherischen Oelen bei langer Aufbewahrung. Das Bittermandelöl verwandelt sich an der Luft durch Aufnahme von Sauerstoff endlich vollständig in krystallisirte Benzoësäure. Ebenso läßt sie sich aus dem Populin wie aus der Hippursäure des Pferde- und Kuhurins darstellen.

Zimmtsäure, im alten Zimmtöl, Storax und peruvianischen Balsam; weiße Krystalle.

Nelkensäure, im Gewürznelkenöl; eine ölartige Flüssigkeit.

Seltenere organische Säuren. Korksäure entsteht durch Erhitzen von Kork oder auch von Fettsäuren mit Salpetersäure.

Fumarsäure, im Erdrauchkraute und dem isländischen Moose; bildet sich auch beim Erhitzen der Aepfelsäure.

Chelidonsäure im Schöllkraute.

Meconsäure im Opium.

Chinasäure, in den Chinarinden.

Milchsäure, s. 457. 515. 632.

Baldriansäure, s. 519.

Buttersäure, s. 515.

Ameisensäure, s. 518.

Harnsäure, Hippursäure, 2c. s. 662. 664.

---

## XVI. Unorganische Bestandtheile der Pflanzen. (Asche.)

Asche der Pflanzen. 607. Ueberblickt man die in den vorhergehenden Abschnitten betrachteten näheren Bestandtheile der Pflanzen, so ergiebt sich, daß sie insgesammt entweder aus drei (C, H, O), oder aus vier (C, H, O, N) Elementen zusammengesetzt sind. Man kann demnach die Organogene: Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, als die vier Grundpfeiler der Pflanzenwelt ansehen. Nächst ihnen treten noch Schwefel und Phosphor als sehr verbreitete Stoffe des Pflanzenreiches auf, da sie zu den wesentlichen Bestandtheilen der in keiner Pflanze fehlenden eiweißartigen Stoffe gehören. Damit ist jedoch die Reihe der in den Pflanzen vorkommenden chemischen Stoffe noch nicht geschlossen; denn sonst würden die Pflanzen in der Hitze vollständig verbrennen, ohne etwas zurückzulassen. Nun bleibt aber beim Verbrennen jeder Pflanze ein Rückstand übrig, der sich nicht verbrennen und nicht verflüchtigen läßt; es müssen also, außer den verbrennlichen

organischen Verbindungen, auch noch unverbrennliche unorganische darin zugegen sein. Man nennt diese letzteren Asche.

608. Der Name Asche ist ebenso unbestimmt, wie der Name Humus. Humus pflegt man alle bei der Verwesung organischer Körper sich bildenden Stoffe zu nennen, wenn sie braun oder schwarz sind; unter Asche aber begreift man alle nichtflüchtigen und nichtverbrennlichen Stoffe, die bei der Verbrennung der organischen Stoffe übrig bleiben. Wie verschiedenartig diese nach Quantität und Qualität sein kann, das zeigt schon eine oberflächliche Betrachtung der drei bekanntesten Aschenarten, der Holz-, Torf- und Steinkohlenasche. Der Rückstand beim Verbrennen verschiedener Sorten von Steinkohlen, Braunkohlen und Torf ist sowohl in Bezug auf seine Bestandtheile wie rücksichtlich der Menge außerordentlich verschieden. Es giebt von allen drei Brennstoffen Arten, die kaum mehr Asche hinterlassen als das Holz, aber meistens beträgt dieselbe viel mehr, etwa 10 Proc., bisweilen 20 — 30 und mehr Procente.. Die Holzasche enthält viel alkalische Salze und giebt mit Wasser eine kräftige alkalische Lauge, die Aschen der anderen enthalten nur sehr geringe Mengen von diesen Salzen, häufig aber viel Gips, Thon und zerriebene Gesteintheile. Die alkalischen Bestandtheile der Holzasche machen, wenn sie als Düngmittel angewandt wird, die Kieselerde des Bodens löslich und zeigen sich deshalb für Wiesen und alle Grasarten besonders wirksam. Auch die Torfasche wirkt hier häufig sehr günstig durch ihren Gipsgehalt, der zuweilen über ³/₄ ihres Gewichtes beträgt und bei seiner sehr feinen Vertheilung das kohlensaure Ammoniak der Luft und des Regenwassers zersetzt und bindet, zugleich den Kleearten Schwefel liefert. Aehnlich verhält sich die Asche mancher Braunkohlen. Die Steinkohlenasche schmilzt bei der intensiven Hitze, welche dieses Brennmaterial giebt, gewöhnlich zu glasartigen Schlacken, die dann wenig Oberfläche bieten und selbst, wenn sie reich an Gips sind, nur geringen Nutzen bringen, zumal sich auch der meiste Gips durch das Zusammenschmelzen mit den thon- und kieselreichen Bestandtheilen zersetzt. Aber zur Herstellung fester Fußwege eignen sich diese zerschlagenen Aschen-

Verschiedenheit der Pflanzenaschen.

Verschiedenheit der Pflanzenaschen. schlacken sehr gut, indem sie allmählig Wasser binden und eine zusammenhängende Masse bilden. Selbst eine große Verschiedenheit zeigt sich, wenn man die Asche der Pflanzen oder Pflanzentheile unter einander vergleicht, wie man aus der folgenden Zusammenstellung ersehen kann.

| Es geben: | | | | | daraus löst Wasser ungefähr auf: |
|---|---|---|---|---|---|
| 100 Pfd. | Eichenholz . . . . . . | 2—4 | Pfd. | Asche; | 1/3. |
| 100 » | Eichenrinde . . . . . | 5—6 | » | » | 1/12. |
| 100 » | Eichenblätter (im Frühjahr) | 5 | » | » | 1/2. |
| 100 » | » (im Herbst) . | 5½ | » | » | 1/6. |
| 100 » | getrocknete Kartoffelknollen | 8—9 | » | » | 4/5. |
| 100 » | Kartoffelkraut . . . . . | 15 | » | » | 1/25—1/15. |
| 100 » | Weizenkörner . . . . . | 2—3 | » | » | 1/2. |
| 100 » | Weizenstroh . . . . . | 4—6 | » | » | 1/10—1/8. |

Die Menge sowohl, wie die Beschaffenheit der unorganischen Stoffe in den Pflanzen wechselt hienach auf die außerordentlichste Weise, und zwar nicht nur nach der Verschiedenheit der Pflanzen, sondern auch nach der Verschiedenheit der einzelnen Theile in einer und derselben Pflanze, ja selbst in den letzteren wieder nach dem verschiedenen Alter derselben. Die größte Menge davon finden wir immer in den jüngeren, in lebhaftem Wachsthume begriffenen Pflanzenorganen, z. B. in den Blättern und Zweigen.

Bestandtheile der Pflanzenaschen. 609. Fragen wir nach der Zusammensetzung der Pflanzenaschen, so giebt die chemische Analyse darauf die Antwort: daß sie der Hauptsache nach aus Kali, Natron, Kalk, Magnesia und Eisenoxyd, verbunden mit Kohlensäure, Kieselsäure, Phosphorsäure, Schwefelsäure und Salzsäure (Chlor), bestehen. Von diesen Verbindungen sind vorzugsweise

a) in Wasser löslich: die alkalischen Salze (Kali- und Natronsalze);

b) in verdünnter Salzsäure löslich: die erdigen Salze (Kalk- und Magnesiasalze und Eisenoxyd); *Bestandtheile der Pflanzenaschen.*

c) in Wasser und in Säure unlöslich: die Kieselsäure.

Ob in einer Pflanze die eine oder die andere Gattung dieser Salze vorherrscht, läßt sich hienach, wenn auch nur annäherungsweise, durch bloße Behandlung ihrer Asche, zuerst mit Wasser, dann mit verdünnter Salzsäure ermitteln.

610. In der lebenden Pflanze sind die genannten unorganischen Stoffe oft in ganz anderer Form enthalten als in der Asche: der Schwefel nämlich als ein Bestandtheil der eiweißartigen Stoffe, die Basen aber meistens als pflanzensaure Salze. Daß die letzteren durch Verbrennung in kohlensaure Salze (kohlensaures Kali, Natron, Kalk ꝛc.) umgewandelt werden, ist schon früher bei dem weinsauren und oxalsauren Kali (194. 197.) gezeigt worden, und es erklärt sich hieraus, warum fast alle Aschen mit Säuren brausen. Der Schwefel geht beim Verbrennen der Pflanzen zum Theil in schweflige Säure über, welche entweicht, zum Theil in Schwefelsäure, die an eine der vorhandenen Basen tritt und in der Asche zurückbleibt. *Unorganische Stoffe in den lebenden Pflanzen.*

611. Bei der Phosphorsäure und Kieselsäure (176. 183.) und bei dem Kali und Kalk (214. 240.) wurde schon darauf hingewiesen, daß diese Stoffe einen überaus günstigen Einfluß auf das Pflanzenwachsthum auszuüben vermögen, und daß manche Pflanzen in einem Boden nicht fortkommen, in dem es an Kalisalzen fehlt, andere nicht in einem Boden, der keinen Kalk oder keine kieselsauren oder phosphorsauren Salze enthält. Das Vorkommen von unorganischen Stoffen in allen Pflanzen muß zu dem Schlusse führen, daß jede Pflanze eine bestimmte Menge davon zu ihrem Leben, zu ihrer vollständigen Entwickelung nöthig hat. Findet sie diese nicht in dem ihr angewiesenen Boden, so wird sie in ihrem Wachsthume gehemmt; sie verkümmert und verwelkt, ehe sie zur Reife gelangt. Die basischen Körper, wie Kali und Kalk, wirken hiebei höchst wahrscheinlich auf eine ähnliche prädisponirende Weise, wie bei der Bildung der Salpetersäure, sie vermitteln nämlich durch ihr Vorhandensein die Entste- *Bedeutung der Aschenbestandtheile.*

Bedeutung der Aschenbestandtheile. hung der organischen Säuren, mit denen sie nachher in Verbindung treten. Aus diesen Säuren bilden sich beim weiteren Wachsen und Reifen der Pflanzen, wie es scheint, die indifferenten Stoffe, z. B. Stärke, Zucker, Gummi ꝛc.; denn bekanntlich verliert sich bei vielen Pflanzentheilen, insbesondere bei den Früchten, zur Zeit des Reifens der saure Geschmack, während dafür ein mehliger, süßer oder schleimiger auftritt.

Was eine jede Pflanze für unorganische Salze zu ihrem Gedeihen braucht, das läßt sich nach Vorstehendem am einfachsten durch Verbrennung derselben und durch Untersuchung der zurückgebliebenen Asche ermitteln: sie braucht diejenigen Stoffe, die sich in ihrer Asche vorfinden. Untersucht man nun auch den Boden, auf dem diese Pflanze gebaut werden soll, so wird man durch Vergleichung bald finden, ob und welche von jenen Aschenbestandtheilen der Boden schon besitzt, und welche ihm noch zugesetzt werden müssen, damit die Pflanze alle zu ihrer Entwickelung erforderlichen mineralischen Stoffe darin antreffe.

Ackererde. 612. Die Ackererde oder Ackerkrume, d. h. die oberste dunkle Schicht unserer Erdoberfläche, in welcher die Pflanzen keimen und wurzeln, besteht der Hauptsache nach aus zweierlei ganz verschiedenartigen Materialien: nämlich aus unorganischen, dem Mineralreiche angehörigen Stoffen (Kieselsäure, kieselsaure, phosphorsaure, kohlensaure und schwefelsaure Thon-, Kalk-, Magnesia-, Kali-, Natron- und Eisen-Verbindungen), und aus organischen, aus dem Thier- und Pflanzenreiche stammenden Stoffen (humusartige Stoffe).

Unorganische Stoffe der Ackererde. Der eigentliche Grund und Boden der Vegetation wird vorzugsweise von gröber oder feiner zertheilten Mineralstoffen gebildet, in welche die Felsarten im Laufe von Jahrtausenden zerfielen oder verwitterten (265.). Diese Verwitterung geht ununterbrochen im Erdboden auch jetzt noch vor sich, und zwar um so schneller, je mehr der Boden aufgelockert und von Luft und Wasser durchdrungen wird (Brache). Hiebei werden aber die Gesteinmassen nicht bloß mechanisch

zerkleinert, sondern auch chemisch verändert (aufgeschlossen), indem sich aus mehren unlöslichen Bestandtheilen derselben lösliche Salze, z. B. Kali-, Natron- und Kalksalze 2c., erzeugen, die alsdann von den Wurzeln der Pflanzen aufgesaugt werden können. Alles, was die Verwitterung und Aufschließung der Gesteine befördert, z. B. Brennen des Erdbodens (258.), Vermengung desselben mit Kalk (240.) oder Säuren (173. 186.) 2c., wird demnach in der Regel eine wohlthätige Wirkung auf das Pflanzenwachsthum ausüben. Unorganische Stoffe der Ackererde.

Die in der Ackererde enthaltenen organischen Stoffe haben immer eine braune oder schwarze Farbe und werden zusammen mit dem allgemeinen Namen »Humus« bezeichnet (444.). Sie entstehen theils durch allmälige Verwesung der abfallenden Blätter und Zweige und der in der Erde zurückbleibenden Wurzeln der Pflanzen, theils durch Zersetzung des in den Erdboden gebrachten vegetabilischen oder thierischen Düngers. Daß die Verwesungsstoffe sich nach und nach weiter in Kohlensäure, Ammoniak und Wasser zersetzen und deshalb ein kräftigeres Gedeihen der Pflanzen herbeiführen, wurde schon früher erwähnt; sie wirken aber außerdem noch günstig auf die Vegetation, weil sie durch ihre dunkle Farbe eine stärkere Erwärmung des Erdbodens durch die Sonnenstrahlen veranlassen, weil sie den Boden auflockern, und weil sie endlich durch die freiwerdende Kohlensäure die Verwitterung der Gesteine befördern. Organische Stoffe der Ackererde.

# XVII. Ernährung und Wachsthum der Pflanzen.

Licht,
Elektricität,
Wärme,
Kohlensäure, Wasser, Ammoniak
Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff
Kieselerde, Thon, Kalk, Salze, Humus.

Grundpfeiler der organischen Schöpfung.

613. Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff, diese vier Elemente sind es, welche die göttliche Allmacht als Grundsäulen für den Bau der gesammten organischen Schöpfung feststellte; aus ihnen werden, mit Beihülfe von Schwefel, Phosphor und einigen anderen unorganischen Stoffen, alle die zahllosen, wundersamen Gebilde der Thier- und Pflanzenwelt erzeugt. Ueber den inneren, chemischen Vorgang bei dieser Erzeugung wissen wir noch wenig Bestimmtes, wohl aber sind die äußeren Bedingungen, unter

welchen sie erfolgt, und die Quellen, aus denen die genannten Grund-stoffe entnommen werden, ziemlich genau ermittelt. Grundpfeiler der organischen Schöpfung.

Daß die Pflanzen zu ihrer Erzeugung und Ausbildung Erdboden, Wasser, Luft, Wärme und Licht bedürfen, diese allgemeinen Bedingungen des vegetabilischen Lebens sind bekannt genug; welche einzelnen Bestandtheile aber aus der Erde, aus dem Wasser und aus der Luft von den Pflanzen aufgenommen werden und denselben als Nahrungsmittel dienen, darüber haben erst die chemischen Forschungen der neueren Zeit, und zwar insbesondere die von Liebig angestellten, ein helleres Licht verbreitet.

### Wildwachsende Pflanzen (Wiese, Wald rc.).

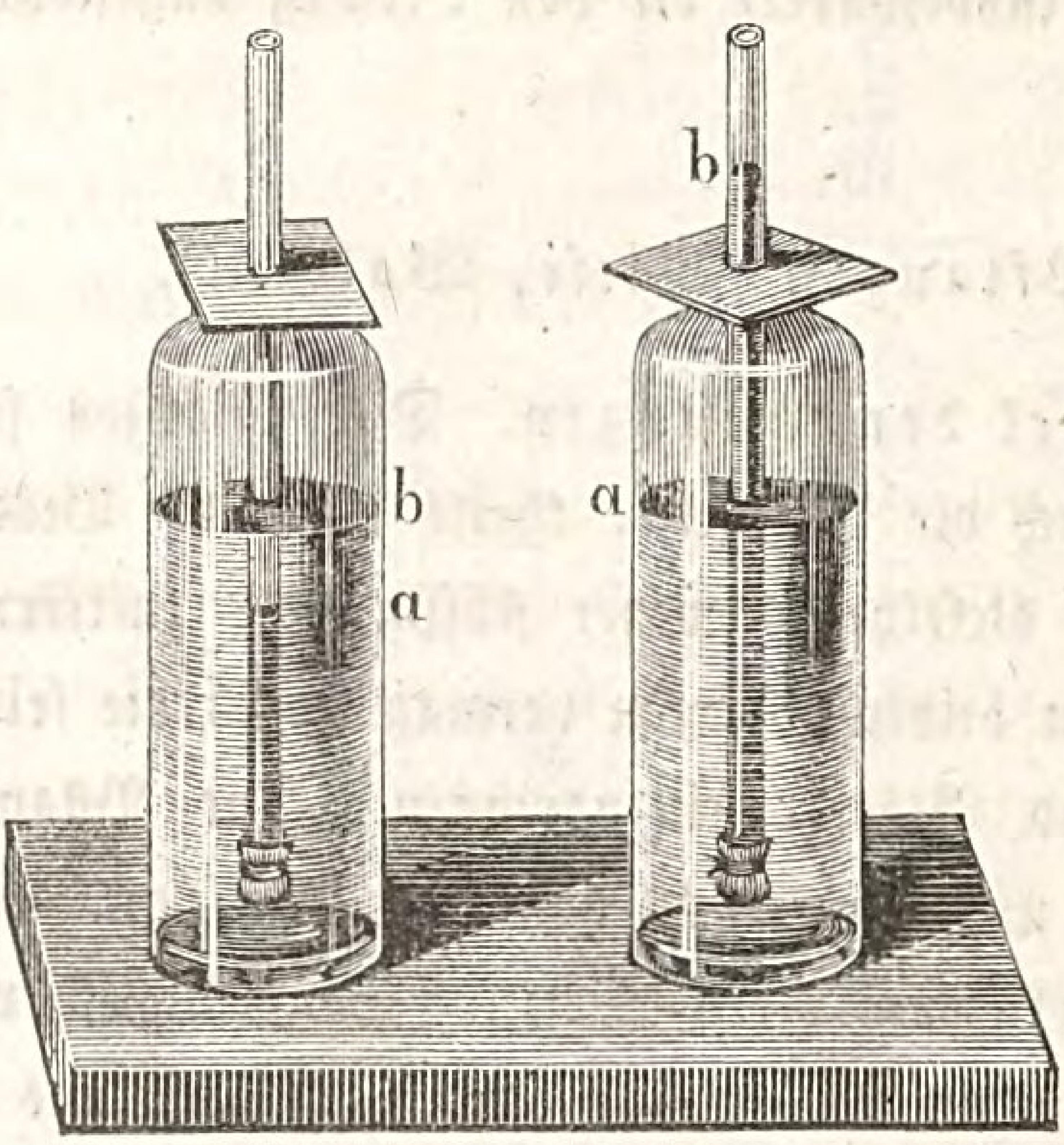
614. Nahrungsmittel der Pflanzen. Die Pflanzen saugen ihre Nahrung theils durch die Wurzeln, theils durch die Blätter ein; es folgt hieraus, daß dieselbe entweder flüssig oder luftförmig sein muß, denn nur in diesen beiden Formen vermag sie in die feinen Poren der Wurzelfasern und Blätter einzudringen. Die Pflanzen empfangen ihren Wasserstoff und Sauerstoff von dem Wasser, ihren Kohlenstoff von der Kohlensäure, ihren Stickstoff hauptsächlich vom Ammoniak, ihre unorganischen Bestandtheile hauptsächlich aus der Erde. Wasser, Kohlensäure, Ammoniak und eine geringe Anzahl von unorganischen Salzen sind hienach als die Nahrungsmittel der Pflanzen anzusehen. In vielem Wasser gelöst dringen diese durch die feinen Saugwurzeln in die Pflanze und steigen hier, mit den organischen Stoffen, welche die Pflanze aus ihnen erzeugt, als sogenannter Saft oder Vegetationswasser, in alle Theile der letzteren, um deren Ernährung und Wachsthum zu bewirken. Nahrungsmittel der Pflanzen.

Saftbewegung. Endosmose. Welche Kraft es ist, die das Wasser sammt den gelösten Stoffen in die Wurzeln und aus diesen, oft 100 und mehr Fuß, wie bei den Bäumen bis in deren Gipfel treibt, darüber ist man noch nicht im Klaren. Früher schrieb man dieses »Saftsteigen« und Circuliren der Capillarität (106.) zu, welche Endosmose.

Endosmose. durch die feinen Zellen und Gefäße der Pflanzen hervorgerufen werden sollte. Jetzt aber hält man dafür, daß es hauptsächlich in Folge einer besonderen physikalischen Kraft, der sogenannten endosmotischen, vor sich gehe, deren Wirken der folgende kleine Apparat klarer machen wird.

**Versuch.** Man verbinde eine an beiden Steiten offene, etwa 5 Zoll lange und ¼ Zoll weite Glasröhre auf der einen Seite mit einem Stückchen Schweins- oder Kalbsblase, die man erst angefeuchtet und durch Reiben geschmeidig gemacht hat, stecke diese Röhre durch ein durchlöchertes Blatt Pappe und hänge sie nun in ein Opodeldocgläschen, das ziemlich mit Wasser angefüllt ist, so tief ein, daß noch ein Querfinger Platz zwischen der Röhre und dem Boden des Gläschens bleibt. Füllt man jetzt die Röhre auch bis zu gleicher Höhe mit dem äußeren Niveau mit Wasser, und setzt man dem Wasser in der Röhre einige Körner Kochsalz zu, so sieht man dasselbe nach kurzer Zeit sich über den Stand des Wassers in dem Glase erheben: es steigt in die Höhe. Es dringt also aus dem äußeren Gefäße Wasser durch die Blase hindurch zu dem Salzwasser der Röhre.

Fig. 225.




Setzt man dem Wasser im Glase gleichfalls und so viel Kochsalz zu, daß sein Salzgehalt dem in der Röhre vollkommen gleich ist, so zeigt sich keine Niveauänderung. Bringt man dagegen in das Wasser des Glases so viel Salz, daß die Salzlösung in ihm stärker wird

als die der Röhre, so sinkt die Flüssigkeit in der Röhre, während die im äußeren Glase enthaltene steigt. Man hat diese Durchschwitzung des Brunnenwassers zum Salzwasser und des salzarmen Wassers zu dem salzreicheren Endosmose oder endosmotische Kraft genannt, und ihr Wirken äußert sich mit solcher Stärke, daß in Folge davon Wasser durch die Blase, die sonst kein Wasser durchläßt, hindurchgesaugt oder hindurchgepreßt wird. Endosmose.

Dieses Streben nach Ausgleichung dauert so lange fort, bis die Flüssigkeiten zu beiden Seiten der Scheidewand ganz gleichartig geworden sind. Wie Kochsalz, so verhalten sich auch andere Salze und sonstige gelöste Körper, z. B. Zucker, Gummi, ja auch verschiedene Flüssigkeiten, z. B. Weingeist und Wasser, wie dies leicht einige weitere Versuche mit den angegebenen kleinen Apparaten zeigen werden.

Aehnlich, wie hier die thierische Haut oder Membran wirkt, soll nun auch die feine vegetabilische Membran (Cellulose) wirken, aus welcher die Zellenwände der Pflanze bestehen. Die Blätter verdunsten immer Wasser, daher muß der Saft hier concentrirter oder dichter werden, es wird also Endosmose von dem dünneren Safte der unteren Zelle zur oberen stattfinden, der seinerseits nun dichter wird und dadurch der zweituntersten Wasser entzieht, und so herab bis zur Wurzel oder vielmehr bis zur Feuchtigkeit des Bodens. Hienach würde also der Saft der Pflanzen durch die endosmotische Kraft von der Wurzel an von Zelle zu Zelle gehoben werden, bis er zu dem Gipfel gelangt ist. Alle Erscheinungen des Saftsteigens lassen sich jedoch durch das alleinige Wirken dieser Ausgleichungskraft noch nicht erklären.

Ueber die obengenannten Nahrungsmittel der Pflanzen ist im Einzelnen noch Folgendes zu bemerken:

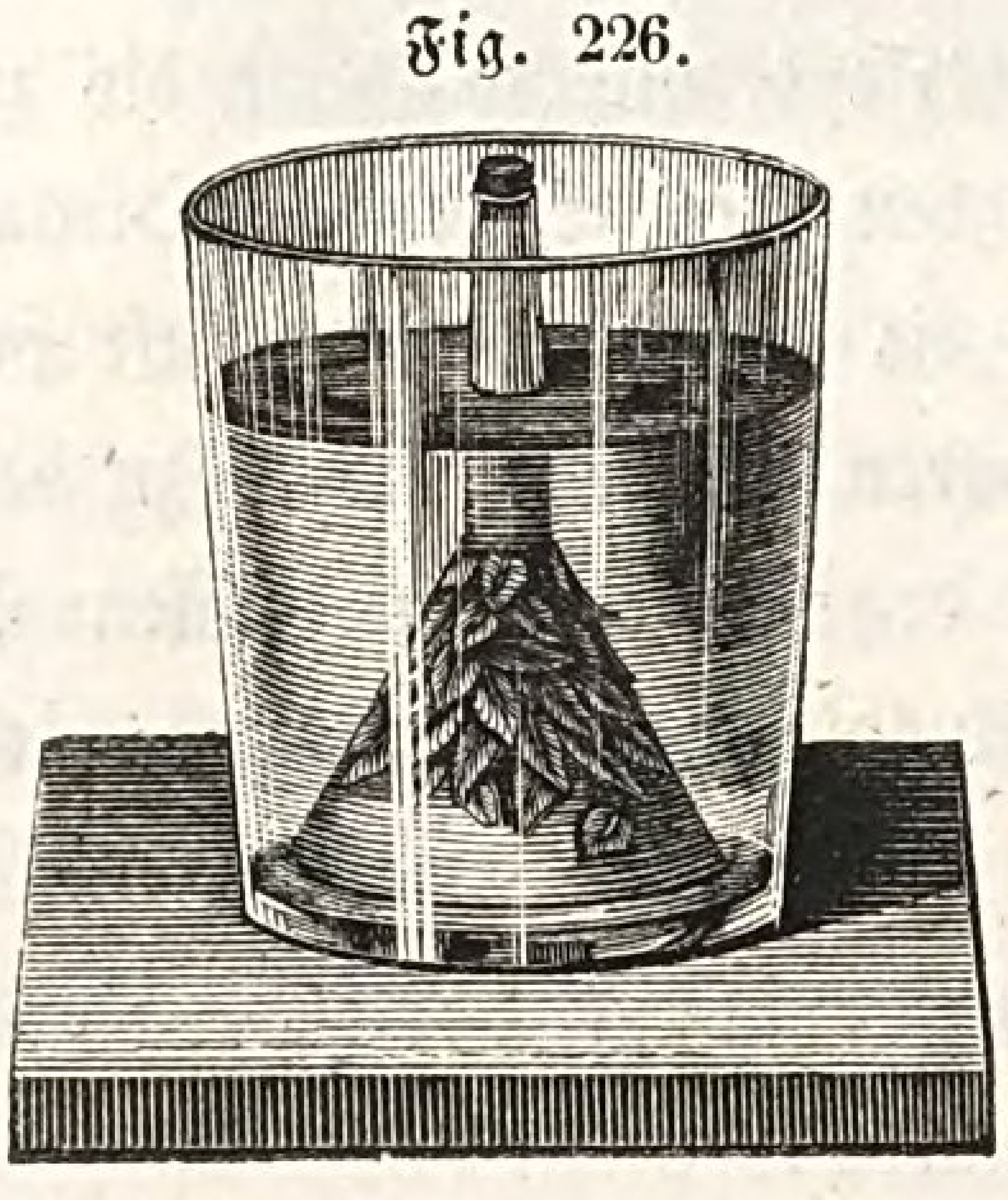
a) Das Wasser versorgt die Pflanzen mit Sauerstoff und Wasserstoff. Die Pflanzen saugen es als Flüssigkeit durch die Wurzeln aus der Erde, und als Dunst durch die Blätter aus der Luft ein. Außerdem ist das Wasser auch insofern unentbehrlich für a. Wasser.

a. Wasser. die Pflanzen, als es durch seine flüssige Beschaffenheit die Bildung der festen Pflanzentheile vermittelt, denn der durch Wasser flüssig gemachte Saft ist es, aus dem sich alle festen Bestandtheile der Pflanzen entwickeln.

b. Kohlensäure. b) Die Kohlensäure versorgt die Pflanzen mit Kohlenstoff. Sie wird hauptsächlich durch die Blätter aus der Luft, die unaufhörlich durch den Verbrennungs-, Verwesungs- und Athmungsproceß neuen Zuwachs daran erhält, eingesogen (167.). Außerdem finden auch die Wurzeln der Pflanzen in jedem Boden, welcher Humus enthält, Kohlensäure, denn der Humus besteht aus verwesenden, d. h. in Kohlensäure und Wasser sich zersetzenden organischen Stoffen (444.). Aus dieser beschränkten Quelle schöpfen die jungen Pflanzen insbesondere ihre Nahrung, bevor sie Blätter genug haben, um durch diese sich die Kohlensäure aus den unbeschränktem Luftmeere anzueignen. Welche Verwandlung die letztere in der lebenden Pflanze erfährt, werden folgende Versuche zeigen:

Zersetzung der Kohlensäure in den Pflanzen. **Versuch.** Man fülle einen Glastrichter mit frischen Blättern irgend einer Pflanze an und stelle ihn verkehrt in ein mit Wasser gefülltes weites Glas, so daß er ganz mit Wasser bedeckt wird. Nun verstopft man die obere Oeffnung mit einem Pfropfen, saugt mit einer Glasröhre einen Theil des äußeren Wassers heraus und stellt das Gefäß in die Sonne: aus den Blättern werden bald Luftbläschen in die Höhe steigen und sich in der Röhre des Trichters ansammeln.

Fig. 226.



Ist das Wasser innerhalb des Trichters so weit herabgedrängt, daß es mit dem äußeren Wasser gleich hoch steht, so öffnet man den Trichter und hält einen glimmenden Holzspahn in die aus den Blättern entwickelte Luft: derselbe wird sich darin, ganz so wie im Sauerstoff-

gas, mit Lebhaftigkeit entzünden. Diese Luftart ist auch wirklich Sauerstoff, welcher aus der in dem Wasser enthaltenen Kohlensäure stammt. Die Kohlensäure wird nämlich in den Pflanzen durch den Einfluß des Lichts in ihre Bestandtheile zerlegt; ihr Sauerstoff wird frei und entweicht, ihr Kohlenstoff aber bleibt in den Pflanzen zurück. Die Pflanzen athmen Kohlensäure ein und im Lichte Sauerstoff aus.

Zersetzung der Kohlensäure in den Pflanzen.

Versuch. Man wiederhole den Versuch mit der Abänderung, daß man die Blätter, statt mit gewöhnlichem Wasser, mit Selterswasser übergießt; in diesem befindet sich eine reichlichere Menge von Kohlensäure, und die Folge davon ist, daß die Entwickelung von Sauerstoffgas rascher vor sich geht und länger andauert.

Die Hauptmasse der Pflanzen besteht aus dreielementigen Stoffen, nämlich aus Pflanzenfaser, Stärke, Gummi, Schleim, Zucker 2c.; alle diese Stoffe können aus Kohlensäure ($CO_2$) und Wasser ($HO$) erzeugt werden, wenn die Elemente des Wassers sich mit dem Kohlenstoff der Kohlensäure chemisch verbinden. Geschieht dies, so muß nothwendigerweise der Sauerstoff der letzteren in Freiheit gesetzt werden. Aus

Bildung stickstofffreier Pflanzenstoffe.

Kohlensäure = Kohlenstoff, Sauerstoff,
u. Wasser = Wasserstoff, Sauerstoff,
entsteht: Wasserstoff, Sauerstoff, Kohlenstoff + Sauerstoff.
Pflanzenfaser, Stärke, Schleim, Zucker 2c. (wird frei).

Es ist auch wohl möglich, daß die Elemente der Kohlensäure sich mit dem Wasserstoff des Wassers verbinden, und daß demnach der freiwerdende Sauerstoff aus dem Wasser stammt; der chemische Vorgang würde dann zwar ein anderer, der Erfolg aber doch genau derselbe sein, wie eben angegeben. Aus

Wasser = Wasserstoff, Sauerstoff,
u. Kohlensäure = Kohlenstoff, Sauerstoff,
entsteht: Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff + Sauerstoff.
Pflanzenfaser, Stärke, Schleim, Zucker 2c. (wird frei).

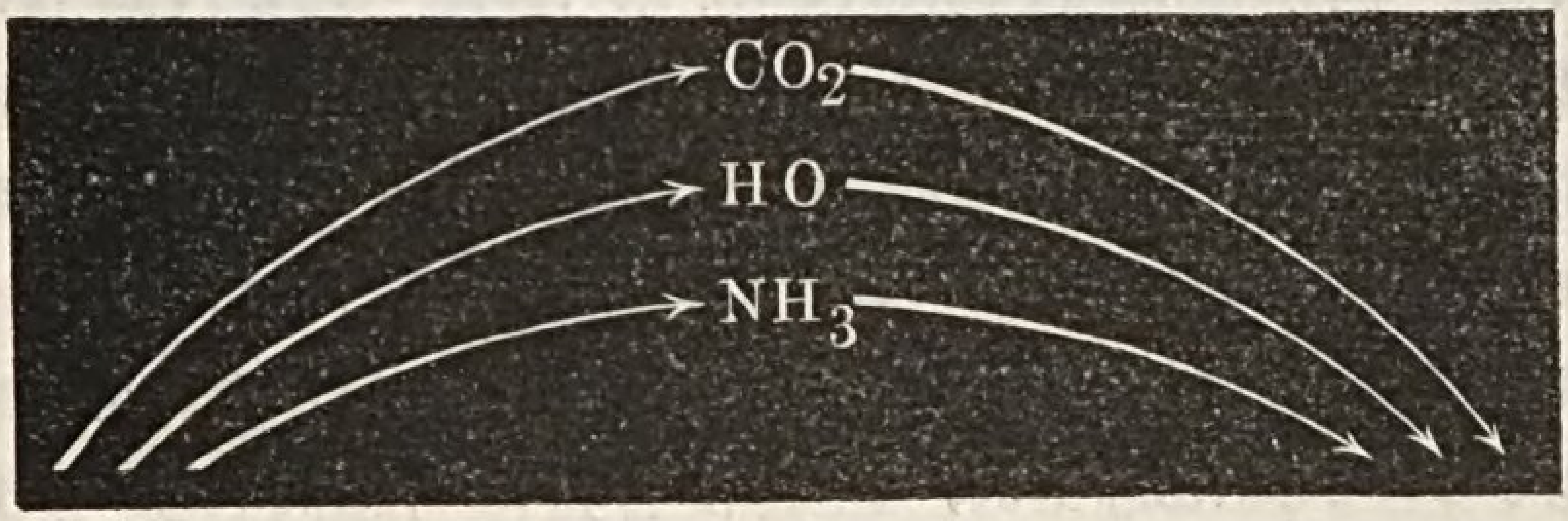
c. Ammoniak. c) Das Ammoniak versorgt die Pflanzen mit Stickstoff. Wenn Thier- und Pflanzenstoffe verwesen, so bildet sich aus dem Stickstoff derselben Ammoniak ($NH_3$), aus ihrem Kohlenstoff Kohlensäure; diese beiden Producte der Verwesung vereinigen sich mit einander zu einem flüchtigen Salze, welches in die Luft entweicht. Aus der Luft wird es zum Theil durch den Lehm oder Thon (256.) und den Humus des Erdbodens (444.), zum Theil durch den Thau, Regen und Schnee wieder verdichtet und zur Erde zurückgeführt und dann mit dem Wasser von den Pflanzen aufgenommen. Verwesen organische Stoffe in der Erde an Orten, wo Pflanzen wachsen, so wird es auch unmittelbar nach seiner Entstehung von den Wurzeln derselben eingesogen. Sehr wahrscheinlich kann sich überdies auch direct aus dem Stickstoff der atmosphärischen Luft, da, wo diese in der feuchten Erde mit faulenden Stoffen in Berührung ist, Ammoniak bilden und den Pflanzen zu Gute kommen. Endlich ist es als erwiesen anzusehen, daß die Pflanzen die Kraft haben, auch aus salpetersauren Salzen, wenn diese in der Ackererde enthalten sind, Stickstoff zu ihrem Wachsthum zu entnehmen.

Bildung stickstoffhaltiger Pflanzenstoffe. Auf welche Weise die Umwandlung (Assimilation) der stickstoffhaltigen Nährstoffe in Pflanzenstoffe erfolgt, ist zwar noch nicht bekannt, für mehr als wahrscheinlich aber ist es anzusehen, daß das Ammoniak es ist, aus dem die Pflanzen den zur Bildung ihrer stickstoffhaltigen Bestandtheile, z. B. von Eiweiß, Kleber, Casein, organischen Basen ꝛc., erforderlichen Stickstoff entnehmen. Aus

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Kohlensäure | = | | | Kohlenstoff, | Sauerstoff, | |
| Wasser | = | | Wasserst., | Sauerst., | | |
| Ammoniak | = | Stickst., | Wasserst., | | | |
| können entstehen: | | Stickst., | Wasserst., | Sauerst., | Kohlenst. | + Sauerstoff. |
| | | Eiweiß, Kleber, Casein, organ. Basen ꝛc. | | | | (wird frei). |

Kohlensäure, Wasser und Ammoniak enthalten hienach in ihren Elementen die wesentlichsten Bestandtheile zur Bildung aller Pflanzentheile (Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff). Bei der Verwesung und Fäulniß werden die Thier- und Pflanzen-

stoffe in Kohlensäure, Wasser und Ammoniak zersetzt. Was uns Vernichtung zu sein scheint, ist aber nur Verwandlung; nur die Gestalt vergeht, die Stoffe selbst sind unveränderlich. Aus den ekelerregenden Verwesungsstoffen entstehen wieder die lebensfrischen Wunder der Pflanzenwelt. Bildung stickstoffhaltiger Pflanzenstoffe.




Todte Thiere und Pflanzen. Lebende Pflanzen.

d) Durch den Erdboden und das Wasser werden die Pflanzen mit den nöthigen unorganischen Stoffen versorgt. Unsere Ackererde ist in beständiger Umsetzung begriffen; die darin enthaltenen organischen Stoffe verwesen, die unorganischen verwittern. Durch den letztgedachten Proceß entstehen immer aus unlöslichen Gesteinen lösliche Salze, welche nun von den Wurzeln der Pflanzen aufgenommen werden können. Die Verwitterung findet aber auch im Innern unserer Erdrinde Statt, und zwar überall, wo Luft und Wasser zu den Gesteinmassen dringen können. Die hiebei löslich gewordenen Stoffe werden von dem Regenwasser aufgenommen und bilden die Salze unseres gewöhnlichen Quell- und Flußwassers; auch aus diesem können demnach die Pflanzen an vielen Orten unorganische Stoffe aufnehmen. Endlich finden sich auch in der Luft immer unorganische Stoffe, welche durch Verdampfung (182.), insbesondere aus dem Meere, wie durch die Gewalt der Winde in dieselbe gelangen und sich mit ihr über die ganze Erde verbreiten. Durch Regen, Thau, Schnee 2c. werden diese der Erde wieder zugeführt, und es kann hienach nicht mehr Wunder nehmen, daß wir oft Salze (z. B. Kochsalz 2c.) in Pflanzen antreffen, die wir in den Felsarten nicht finden, aus denen die diesen Pflanzen zur Wohnstätte dienende Erde entstanden ist. Welche Veränderungen diese Stoffe in den leben- d. Unorganische Stoffe.

d. Unorganische Stoffe. den Pflanzen erfahren, ist schon in dem vorigen Abschnitte angedeutet worden.

Es ist hier noch ausdrücklich darauf hinzuweisen, daß eine Pflanze nur dann kräftig wachsen und gedeihen und vollständig zur Reife gelangen kann, wenn ihr die unter a, b, c und d gedachten Stoffe alle vier zusammen dargeboten werden. Wie das Leben des Menschen aufhört, wenn ihm nur eine einzige der zu seinem Fortbestehen nöthigen Bedingungen, z. B. die Luft (Sauerstoff) oder das Wasser, entzogen wird; wie ein Uhrwerk still steht, wenn nur ein einziges Rädchen daraus weggenommen wird: so wird auch die vollkommene Entwickelung einer Pflanze gehemmt, wenn ihr eins der erwähnten Nahrungsmittel fehlt.

## Cultivirte Pflanzen.

Vermehrung des Pflanzenwachsthums. 615. Geben wir einem Thiere reichliches und kräftiges Futter, so wird es kräftig und feist; bei dürftigem und wenig nahrhaftem Futter bleibt es dürftig und mager. Gerade so verhält es sich auch mit den Pflanzen. Finden sich alle die Stoffe, welche sie zu ihrer Ausbildung brauchen, vollauf in dem Erdboden und der Luft, so werden sie kräftiger emporwachsen und mehr Zweige, Blätter, Blüthen und Früchte treiben, als wenn sie diese Stoffe, oder auch nur einen davon, nicht in hinlänglicher Menge antreffen. Das Mittel, um unseren Feldern und Wiesen den größten Ertrag abzugewinnen, besteht also darin, den Pflanzen, die darauf cultivirt werden sollen, alle erforderlichen Nahrungsstoffe in hinreichender Menge darzubieten. Wir thun dies durch die Düngung des Bodens.

Organische Stoffe als Düngemittel. 616. Daß es den Pflanzen an den drei allgemeinen Nahrungsmitteln: an Wasser, Kohlensäure und Ammoniak, nicht fehle, dafür sorgt die Natur durch Regen und Thau, durch Verwesung und Fäulniß, und auch der Mensch trägt, ohne es gerade zu beabsichtigen, das Seinige dazu bei, durch Athmen und Verbrennen. Von diesen Stoffen enthält die Luft einen unerschöpflichen Vorrath, da die Processe, durch welche sie erzeugt werden, auf der Erde nie eine Unterbrechung

erleiden. Sie, die Luft allein, reicht demnach zur Ernährung der Pflanzen hin, wenn diese nur in dem Erdboden die nothwendigen unorganischen Salze in aufgelöster Gestalt finden. Wie aber ein Bau schneller fortschreitet, wenn von mehren Seiten zu gleicher Zeit daran gearbeitet wird, so erfolgt auch das Wachsthum einer Pflanze schneller und reichlicher, wenn sie von mehren Seiten her, nicht nur durch die Blätter, sondern zu gleicher Zeit auch durch die Wurzeln, Nahrung aufnehmen kann. Alle Pflanzen- und Thierstoffe werden bei ihrer Verwesung in Wasser, Kohlensäure und Ammoniak umgewandelt; es erscheint daher ganz natürlich, daß solche Substanzen, wenn sie in feuchter Erde verwesen, das Wachsthum der in diese Erde gesäeten Pflanzen befördern. Hiedurch erklärt sich, aber nur zum Theil, der wohlthätige Einfluß, den die allgemein gebräuchlichen thierischen und vegetabilischen Düngerarten, z. B. Mist, Urin, Hornspähne, Knochenmehl, Guano, Stroh, Blätter rc., wie die aus diesen entstehenden sogenannten humusartigen Stoffe auf die Vegetation ausüben. Als der wichtigste und wirksamste Stoff der Düngemittel ist deren Stickstoff anzusehen, da insbesondere von ihm, d. h. von dem daraus sich erzeugenden Ammoniak, die treibende Kraft der letzteren abhängig ist.

Organische Stoffe als Düngemittel.

617. Die Aufnahme dieser allgemeinen Nahrungsmittel und ihre Umbildung in organische Stoffe durch die Lebensthätigkeit der Pflanzen kann aber, wie schon erwähnt, nur unter Beihülfe von unorganischen Salzen erfolgen. Fehlen diese in einem Boden, so kann der darein gestreute Same wohl keimen und einige Zeit wachsen, weil er selbst eine gewisse Menge derjenigen unorganischen Stoffe in sich trägt, welche die aus ihm erwachsende Pflanze zu ihrem Gedeihen braucht; allein das Wachsen wird aufhören, wenn diese Stoffe zur Bildung der jungen Pflanze verbraucht sind. Die Natur sorgt nun zwar auch dafür, daß sich in der Erde durch die allmälig fortschreitende Verwitterung auflösliche Stoffe bilden; diese reichen aber nicht hin, um Jahr aus Jahr ein reiche Ernten von einem Acker zu erzielen, und es ist daher unerläßlich, sie dem letzteren künstlich beizumen-

Unorganische Stoffe als Düngemittel.

Unorganische Stoffe als Düngemittel. gen, wenn seine Tragkraft nicht abnehmen soll. Dies geschieht entweder direct durch solche mineralische Stoffe, welche Kalk, Kali, Natron, Phosphorsäure 2c. enthalten, z. B. durch Kalk, Gyps, Mergel, gebrannten Lehm, Holzasche, Knochenasche, Knochenkohle, Kochsalz, Düngesalz 2c., bei den Wässern der Wiesen durch das Wasser 2c.; oder indirect durch die in den meisten Düngerarten enthaltenen Salze. Die in dem Futter befindlichen löslichen Salze werden durch den Urin der Thiere, die unlöslichen durch die festen Excremente wieder aus dem Thierkörper entfernt, und es erklärt sich hieraus auf eine einfache Weise, warum der Mist von einem mit Hafer gefütterten Thiere den geeignetsten und kräftigsten Dünger für Hafer, der von einem mit Erbsen, Klee oder Kartoffeln gefütterten Thiere aber den besten Dünger für Erbsen, Klee oder Kartoffeln abgiebt. In diesen salzigen oder unorganischen Stoffen liegt die zweite Wirkungsweise der thierischen und vegetabilischen Düngerarten.

Fruchtwechsel. Da die verschiedenen Pflanzenarten verschiedene Mengen von unorganischen Stoffen zu ihrer Ernährung bedürfen, manche z. B hauptsächlich Kalisalze, andere Kalksalze, noch andere phosphorsaure oder kieselsaure Salze: so ist es vortheilhaft, beim Bau der Culturpflanzen eine solche Abwechselung (Fruchtwechsel) eintreten zu lassen, daß auf eine Kalipflanze eine Kalkpflanze, auf diese eine Kieselpflanze 2c. folgt. Hiedurch wird es möglich, einem für eine gewisse Pflanzengattung erschöpften Felde, vorausgesetzt, daß dasselbe noch genugsame Mengen von stickstoffhaltigen Nährstoffen enthält, noch eine zweite oder dritte Ernte von einer anderen Fruchtart abzugewinnen, ohne ihm jedesmal eine frische Düngung zu geben (214.).

Wichtigkeit der Chemie für den Landwirth. 618. Erhellt aus diesen Andeutungen, daß die Chemie allein es ist, welche dem Landwirthe Aufschluß geben kann über die Bestandtheile seines Bodens, über die Bestandtheile der Pflanzen, die er auf diesem Boden erbauen will, und über die Stoffe, die demselben zugeführt werden müssen, damit die darauf zu erbauende Pflanze Alles reichlich darin antreffe, was sie zu ihrer Ernährung bedarf: so liegt hierin wohl für jeden Landwirth Aufforderung genug, sich mit dieser

Wissenschaft, die ihm als die einzige zuverlässige Führerin bei seinen praktischen Versuchen und Beschäftigungen dienen kann, näher zu befreunden.

---

## Rückblick auf die Pflanzenstoffe überhaupt.

1) So lange eine Pflanze lebt, findet in ihr eine unaufhörliche Bewegung und eine unaufhörliche Aufnahme, Veränderung und Abgabe von gewissen luftförmigen und flüssigen Stoffen Statt. Fehlen diese Stoffe der Pflanze, so hört ihr Wachsthum und Leben auf; wir betrachten sie deshalb als Nahrungsmittel für die Pflanzen.

2) Diese Stoffe gehören sämmtlich zu den unorganischen Verbindungen, sie bestehen:

a) aus einer Wasserstoff- und Sauerstoffverbindung (Wasser),

b) aus einer Kohlenstoff- und Sauerstoffverbindung (Kohlensäure),

c) aus einer Stickstoff- und Wasserstoffverbindung (Ammoniak), oder einer Stickstoff- und Sauerstoffverbindung (Salpetersäure),

d) aus unorganischen Säuren und Basen (Salzen).

3) Aus diesen Stoffen bilden sich auf eine uns unbegreifliche Weise die Säfte der Pflanzen, und aus diesen die einzelnen Pflanzentheile (Organe) nebst den unzähligen Pflanzenstoffen, die wir darin antreffen.

4) Die Pflanzenstoffe und die daraus dargestellten chemischen Verbindungen sind noch nicht so genau untersucht, um sie nach bestimmten wissenschaftlichen Principien systematisch zusammenstellen zu können. Einstweilen pflegt man sie einzutheilen:

I. Nach ihrer **Verbreitung**:

a) in solche, die fast in **allen** Pflanzen vorkommen, z. B. Pflanzenfaser, Stärke, Zucker, Gummi, Schleim, Fette, manche Säuren, Blattgrün, eiweißartige Stoffe rc.;

b) in solche, die nur in einzelnen Pflanzenarten vorkommen, z. B. Extractivstoffe, Farbstoffe, flüchtige Oele, Harze, manche Säuren, organische Basen 2c.

II. Nach ihrem chemischen Charakter:

a) in Pflanzensäuren,

b) in Pflanzenbasen,

c) in indifferente Pflanzenstoffe.

In dem Pflanzen- und Thierreiche herrschen die indifferenten Verbindungen vor, in dem Mineralreiche die sauren und basischen.

III. Nach ihrer Zusammensetzung:

a) in stickstofffreie, und zwar

α) in sauerstoffreiche, z. B. organische Säuren 2c.;

β) in wasserstoffreiche, z. B. Fette, flüchtige Oele, Harze 2c.;

γ) in kohlenstoffreiche, z. B. Pflanzenfaser, Stärke, Zucker, Gummi, Schleim 2c.;

b) in stickstoffhaltige, z. B. organische Basen, manche Farbstoffe 2c.;

c) in stickstoff- und schwefelhaltige, z. B. Eiweiß, Kleber, Casein 2c.

In dem Pflanzenreiche herrschen die stickstofffreien Verbindungen vor, in dem Thierreiche die stickstoff- und schwefelhaltigen.

5) Die von der Natur erzeugten Pflanzenstoffe können auf vielfache Weise in neue Verbindungen umgebildet und zersetzt werden. Solche Veränderungen erleiden die Pflanzenstoffe beispielsweise:

a) durch Zuführung von Sauerstoff, als:

α) bei der Verbrennung bei freiem Luftzutritt (Kohlensäure, Wasser, Stickstoff),

β) bei der Verwesung (Humus, Kohlensäure, Wasser, Ammoniak; Sauerwerden geistiger Flüssigkeiten u. a. Pflanzenstoffe; Rasenbleiche 2c.),

γ) beim bloßen Stehen an der Luft (Trocknen oder Ranzigwerden der Fette; Verharzen der flüchtigen Oele 2c.),

δ) beim Abdampfen (Braunwerden der Extracte ꝛc.),

ε) bei Einwirkung von Salpetersäure, Chromsäure, Braunstein, Kupferoxyd u. a. sauerstoffreichen Körpern (Veränderung des Zuckers in Zuckersäure, Kleesäure; Veränderung des Traubenzuckers durch Kupferoxydhydrat ꝛc.);

b) durch Entziehung von Sauerstoff (Reduction des blauen Indigos);

c) durch Entziehung von Wasserstoff (Bleichen mit Chlor);

d) durch Entziehung von Wasserstoff und Sauerstoff (Verwandlung des Weingeistes in Aether oder Elaylgas, wie der Oxalsäure in Kohlenoxyd und Kohlensäure durch Schwefelsäure; Verkohlung von Holz durch Schwefelsäure ꝛc.);

e) durch Paarung mit Schwefelsäure (Indigschwefelsäure, sog. Holzschwefelsäure.

f) durch Paarung mit Salpetersäure (Nitrokörper: Schießwolle ꝛc.);

g) durch Verbindung mit schwefliger Säure (Bleichen mit dieser Säure);

h) durch Zuführung von Wasserstoff und Sauerstoff (Fäulniß der Pflanzenstoffe bei abgeschlossener Luft, z. B. unter Wasser, d. i. Verwandlung derselben in Kohlensäure, Kohlenwasserstoff [Sumpfgas], Wasser, Ammoniak, Schlamm, Torf, Braunkohle, Steinkohle; Verwandlung der Stärke oder des Zuckers in Milchsäure ꝛc.);

i) durch Erhitzung bei abgeschlossener Luft (Verkohlung oder trockne Destillation des Holzes, der Steinkohlen, der Fette, der Säuren ꝛc., d. i. Verwandlung derselben in Kohlensäure, Kohlenwasserstoff [Leuchtgas], Wasser, Holzessig [Brenzsäuren], Ammoniak, Theer [Brandöle, Brandharze], Kreosot, Holzkohle, Coak ꝛc.);

k) durch die noch nicht genau erforschte eigenthümliche Einwirkung eines leicht zersetzbaren Körpers oder Fermentes (geistige Gährung, d. i. Zerfallen des Zuckers in Weingeist und

Kohlensäure durch Hefe; Umsetzung des Zuckers in Milchsäure und der Milchsäure in Buttersäure durch Käse ꝛc.)

l) durch die noch nicht erklärte Umsetzung eines Pflanzenstoffs in eine andere isomerische (gleich zusammengesetzte) Verbindung, z. B:

α) Verwandlung der Stärke in Gummi und Zucker durch Schwefelsäure,

β) Verwandlung der Stärke in Gummi und Zucker durch Diastase,

γ) Verwandlung der Stärke in Gummi durch gelinde Erhitzung,

δ) Verwandlung des Rohrzuckers in Schleimzucker durch Erhitzen oder langes Kochen mit Wasser,

ε) Gerinnen von Eiweiß durch Erhitzung ꝛc.;

m) durch Einwirkung starker Basen auf Pflanzenstoffe, z. B.

α) Cyanbildung (291.),

β) Ammoniakbildung (234.),

γ) Salpeterbildung (207.),

δ) Seifenbildung aus Fetten (540.);

n) durch Einwirkung des Lichts (Bildung von Blattgrün, Ausbleichen anderer Farben ꝛc.)

o) durch Einwirkung des galvanischen Stromes (Elektrolyse, Oxydation der Essigsäure zu Kohlensäure und Methyl ꝛc.).

Dies sind nur einige der wichtigeren bis jetzt bekannten Veränderungen der Pflanzenstoffe; der Umfang derselben ist aber ohne Grenzen und wächst mit jedem Tage, da gerade diese Abtheilung der Chemie jetzt mit außerordentlichem Eifer durchforscht wird.

# Thierstoffe.

619. Ungleich geheimnißvoller noch und zusammengesetzter als in den Pflanzen, sind die chemischen Processe, welche in dem lebenden Thiere vor sich gehen. Daß solche Processe wirklich in dem Thierkörper stattfinden, wer könnte dies bezweifeln? Sehen wir doch gerade hier das Charakteristische derselben, die Verwandlung der Körper in neue Körper mit ganz neuen Eigenschaften, noch ungleich deutlicher und auffallender als bei den Pflanzen und Mineralien. Denn kann es wohl eine auffallendere Verwandlung geben, als die der Bestandtheile des Eies (Eiweiß, Eidotter und Eischale) in die Bestandtheile des jungen Hühnchens (Fleisch, Blut, Knochen, Federn 2c.)? oder die Verwandlung der Milch, welche die alleinige Nahrung vieler jungen Thiere ausmacht, in Fleisch, Blut 2c.? Daß die chemische Kraft allein diese Veränderung nicht bewirken kann, ist in dem Früheren schon mehrmals erwähnt worden; sie ist nur das Werkzeug, das Mittel, dessen sich die göttliche Allmacht bedient, um auf eine uns noch verhüllte Weise während des Lebens der Pflanzen und Thiere alle die verschiedenen Gebilde des Pflanzen- und des Thierreichs zu erschaffen. Das Thierleben unterscheidet sich von dem Pflanzenleben in chemischer Beziehung hauptsächlich dadurch, daß während des ersteren unaufhörlich Sauerstoff eingeathmet, während des letzteren aber ausgeathmet wird; ferner dadurch, daß zur Erhaltung des ersteren, Thierleben.

außer dem Wasser und einigen Salzen, nur organische Substanzen geeignet sind.

Nähere Bestandtheile der Thiere. 620. Die Hauptmasse des Pflanzenkörpers besteht aus stickstofffreien Stoffen, also aus Stoffen, welche nur drei Elemente enthalten; in dem Thierkörper walten dagegen die stickstoff- und schwefelhaltigen Stoffe (die eiweißartigen Stoffe), also ungleich zusammengesetztere Verbindungen vor. Wasser und Fett sind fast die einzigen im Thierkörper vorkommenden Stoffe, die nur aus zwei oder drei Elementen zusammengesetzt sind; alle anderen, z. B. Fleisch, Haut, Knorpel, Blut, Haare, Nägel 2c., sind reich an Stickstoff wie auch an Schwefel und Phosphor. Charakteristisch ist außerdem für diese Stoffe, daß sie nicht krystallisirbar sind; wir finden nur in denjenigen thierischen Flüssigkeiten, die als untauglich zu weiterer Umbildung (zur Assimilation) aus dem Körper wieder ausgeschieden werden, z. B. in dem Urin, einige krystallisirbare Verbindungen (Harnstoff, Harnsäure 2c.). Die meisten thierischen Stoffe zeigen unter dem Vergrößerungsglase die Gestalt von kleinen Kügelchen. Die Kugelform ist hienach die Grundform für die zusammengesetzten, höher organisirten Gebilde des Thierreiches, während in den einfacheren, leblosen Erzeugnissen des Mineralreichs die eckige Form (Krystallform) vorherrscht. In dem zwischen beiden mitten inne stehenden Pflanzenreiche treffen wir beide Formen, die kugelige oder sphärische z. B. in der Stärke, Hefe 2c., die krystallinische in dem Zucker, den organischen Säuren und Basen 2c. an.

Elementarbestandtheile der Thiere. 621. Die Grundstoffe, aus denen zuerst die näheren Bestandtheile, und aus diesen wieder die Organe des Thierkörpers gebildet werden, sind genau dieselben, welche wir in dem Pflanzenreiche antreffen, nämlich: Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff, Stickstoff, Schwefel, Phosphor und Chlor; und von metallischen Stoffen: Kalk, Kalium, Natrium und Eisen. Diese müssen dem Thierkörper zugeführt werden, wenn er wachsen und fortleben soll. In welcher Form dieses geschieht, das wird sich am einfachsten aus der Zusammensetzung des Eies und der Milch ergeben.

## I. Das Ei.

An dem Ei unterscheidet man bekanntlich das Eiweiß, das Eidotter und die Eischale. Das Ei.

622. Eiweiß. Das Weiße im Hühnerei besteht aus Zellen, in denen eine farblose, alkalisch reagirende Flüssigkeit, das Eiweiß, eingeschlossen ist. Beim Abdampfen erhält man daraus $\frac{1}{8}$ festes Eiweiß; das Uebrige ist Wasser. Verbrannt hinterläßt dasselbe Kochsalz, kohlensaures, phosphorsaures und schwefelsaures Natron und Kali und phosphorsaure Kalk- und Talkerde. Daß das Eiweiß, stark geschlagen oder gequirlt, einen lockeren, leichten Schaum giebt, daß es durch Erhitzen unlöslich wird und coagulirt oder gerinnt rc., sind bekannte Sachen. Der letzteren Eigenschaft wegen wendet man es zum Klären von trüben Flüssigkeiten, insbesondere von Zuckersäften an. Eiweiß.

**Versuch.** Man rühre Honig mit warmem Wasser an, mische unter die erhaltene trübe Lösung ein wenig Eiweiß und erhitze das Gemisch bis zum Kochen. Das Eiweiß nimmt hiebei die in der Flüssigkeit herumschwimmenden fremdartigen Stoffe des Honigs mit in die Höhe und umschließt sie, während es gerinnt; die Flüssigkeit wird dadurch klar und durchsichtig und läßt sich durch ein Seihetuch von dem geronnenen Eiweiß trennen. Klären mit Eiweiß.

Die Bestandtheile des Thiereiweißes sind dieselben, wie die des Pflanzeneiweißes (477.). Unter den Verwandlungsproducten des Eiweißes sind besonders zwei krystallinische Körper bemerkenswerth, die durch Einwirkung von Kali erzeugt werden: Tyrosin und Leucin.

623. Das Eidotter besteht aus Eiweiß und etwa $\frac{1}{6}$ Casein, $\frac{1}{3}$ Fett und $\frac{1}{2}$ Wasser: das Fett schwimmt in der Gestalt von gelben Tröpfchen in der Eiweißlösung herum. Wegen seines Eiweißgehaltes gerinnt es in der Hitze und man kann nun das Fett (Eieröl) durch starkes Pressen oder durch Schütteln mit Aether daraus ausziehen. In dem rothgelben Eieröl ist Margarin und Elain, und außerdem, wie in dem Fette des Gehirns, Phosphor enthalten. Verbrannt hinterläßt es dieselben Aschenbestandtheile wie das Eiweiß Eidotter.

nebst Eisenoxyd; vorwaltend darunter sind Kalisalze und phosphorsaure Erden.

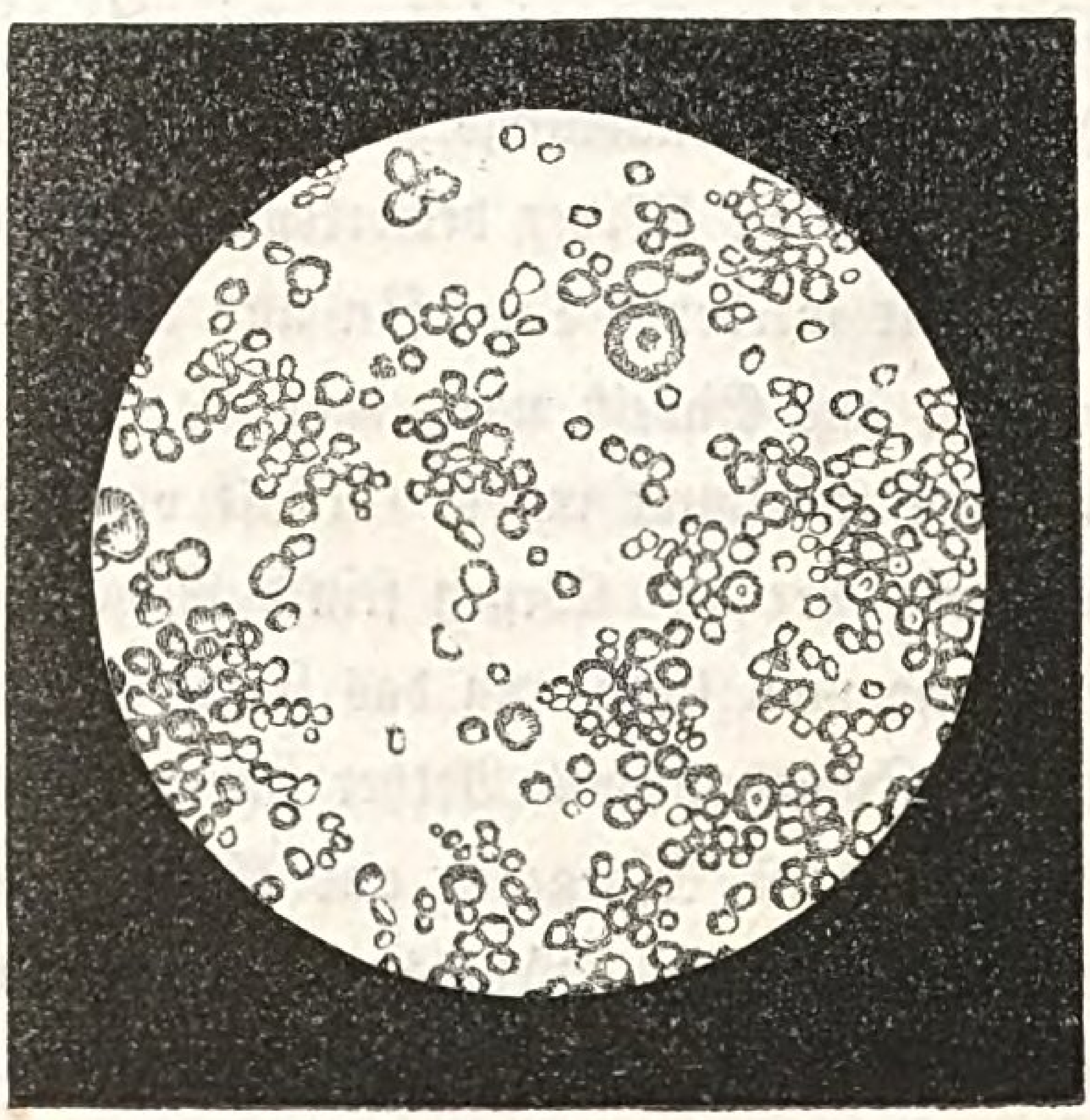
Eischale. 624. Eischale. **Versuch.** Man übergieße Eischalen mit verdünnter Salzsäure: sie werden sich unter Gasentwickelung bis auf einige Häutchen auflösen. Das entweichende Gas ist Kohlensäure; in der Salzsäure aber findet sich aufgelöster Kalk, wie man durch Zusatz von Schwefelsäure wahrnehmen kann, welche daraus Gyps niederschlägt. Die Schalen haben sonach mit der Kreide eine gleiche Zusammensetzung, sie bestehen nämlich aus kohlensaurem Kalk mit wenig Phosphorsäure und organischer Materie.

In den Eischalen finden sich kleine Poren, durch welche Luft in das Innere des Eies zu dringen vermag, die allmälig eine Veränderung (Fäulniß) des Inhalts bewirkt. Verstopft man diese Oeffnungen, z. B. durch Einlegen der Eier in Asche oder Kalkmilch, oder durch Bestreichen derselben mit Oel, so halten die Eier sich viel länger unverändert, weil hiedurch das Eindringen der Luft verhindert wird.

## II. Die Milch.

Milch. Die Milch besteht aus einer Auflösung von Casein und Milchzucker in Wasser, in welcher kleine, wie es scheint, mit einer Hülle umschlossene Fettkügelchen umherschwimmen, wie man dies durch die Betrachtung einer dünnen Milchhaut unter dem Mikroskop deutlich wahrnehmen kann. Die letzteren sind es, welche die Milch undurchsichtig machen und ihr das Ansehen einer Emulsion geben.

Fig. 227.



625. Fettkügelchen. Versuch. Durch Filtriren allein lassen sich diese Kügelchen nicht von der Milch trennen, da sie so klein sind, daß sie durch die Poren des feinsten Papiers mit hindurchlaufen; wohl aber geht dies auf folgende Weise: Man löse 2 Loth Glaubersalz und ein paar Gran Soda in 1 Loth lauem Wasser auf und schüttle diese Lösung mit 1 Loth frischer Milch zusammen; bringt man dieses Gemenge jetzt auf ein Filtrum, so bleiben die fettigen Theile (Rahm, Sahne) zurück, während eine nur wenig opalisirende Flüssigkeit abläuft. Die zugesetzte Salzlösung wirkt nicht chemisch auf die Bestandtheile der Milch ein, sondern sie bewirkt nur auf mechanische Weise, daß die Kügelchen eine compactere Masse bilden und sich leichter von der wässerigen Flüssigkeit trennen.

Abscheidung der Fettkügelchen aus der Milch.

626. Casein und Eiweiß der Milch. Versuch. Versetzt man die abfiltrirte Flüssigkeit mit einigen Tropfen Essig oder Salzsäure, so scheidet sich aus derselben das Casein als eine weiße, flockige Masse ab; das Thiercasein wird nämlich, ebenso wie das Pflanzencasein (452.), mit dem es rücksichtlich seiner Zusammensetzung ganz genau übereinkommt, durch Säuren coagulirt und unlöslich gemacht. Durch zu viel Säure wird das geronnene Casein jedoch wieder aufgelöst; ebenso ist es auch in verdünnten Alkalien löslich. Reines Casein ist in Wasser unlöslich, es löst sich aber darin auf, wenn Alkalien zugegen sind; diese finden sich immer in der Milch und erhalten das Casein aufgelöst. Durch die zugesetzte Säure wird dem Casein sein Alkali (Natron) entzogen und es scheidet sich in der bekannten Form des frischen Käses aus. Das Casein gehört zu den eiweißartigen Stoffen oder Proteinstoffen; es enthält außer Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff auch noch viel Stickstoff und etwas Schwefel in seiner Verbindung. Mit Kali erhitzt, liefert es dieselben krystallinischen Verwandlungsproducte wie das Eiweiß: Tyrosin und Leucin. Das Leucin bildet sich gleichfalls bei der Fäulniß des Caseins und ist daher auch im alten Käse zu finden (630.).

Casein in der Milch.

Eiweiß. Versuch. Filtrirt man das Casein von der Flüssigkeit ab und bringt dann die letztere zum Kochen, so entsteht abermals

Eiweiß in der Milch.

eine obwohl schwächere Trübung; was sich absondert, ist Eiweiß, von dem kleine Quantitäten in jeder Milch vorhanden sind.

Milch und Lab. 627. Gerinnen der Milch durch Lab. Versuch. Man lasse ein kleines Stückchen von einem getrockneten Kälbermagen (Lab) mit einem Löffel voll Wasser eine Nacht stehen und gieße dieses Wasser nachher zu einem Maaß frischer Milch: die Milch wird, wenn man sie einige Stunden an einen warmen Ort stellt, zu einer gallertähnlichen Masse gerinnen, welche man auf ein Filtrum bringt. Was zurückbleibt, besteht aus einem innigen Gemenge von geronnenem Casein mit den Fettkügelchen. Durch Auspressen und Trocknen erhält man daraus den sogenannten Rahm- oder Süßmilchkäse (Schweizer-, holländischer, Chester-Käse 2c.).

Milchzucker. Milchzucker. Versuch. Die abgelaufene Flüssigkeit (süße Molken) wird durch Aufkochen von ihrem Eiweiß (Zieger) befreit und nach abermaliger Filtration so weit abgedampft, bis nur noch einige Lothe davon übrig sind. An einem warmen Orte setzen sich daraus kleine, harte, farblose Krystalle von Milchzucker ab (473.). Auf diese Weise gewinnt man in der Schweiz den Milchzucker im Großen. Die süßen Molken sind also der Hauptsache nach als eine Auflösung von Milchzucker (nebst etwas Eiweiß und einigen Salzen) in Wasser zu betrachten.

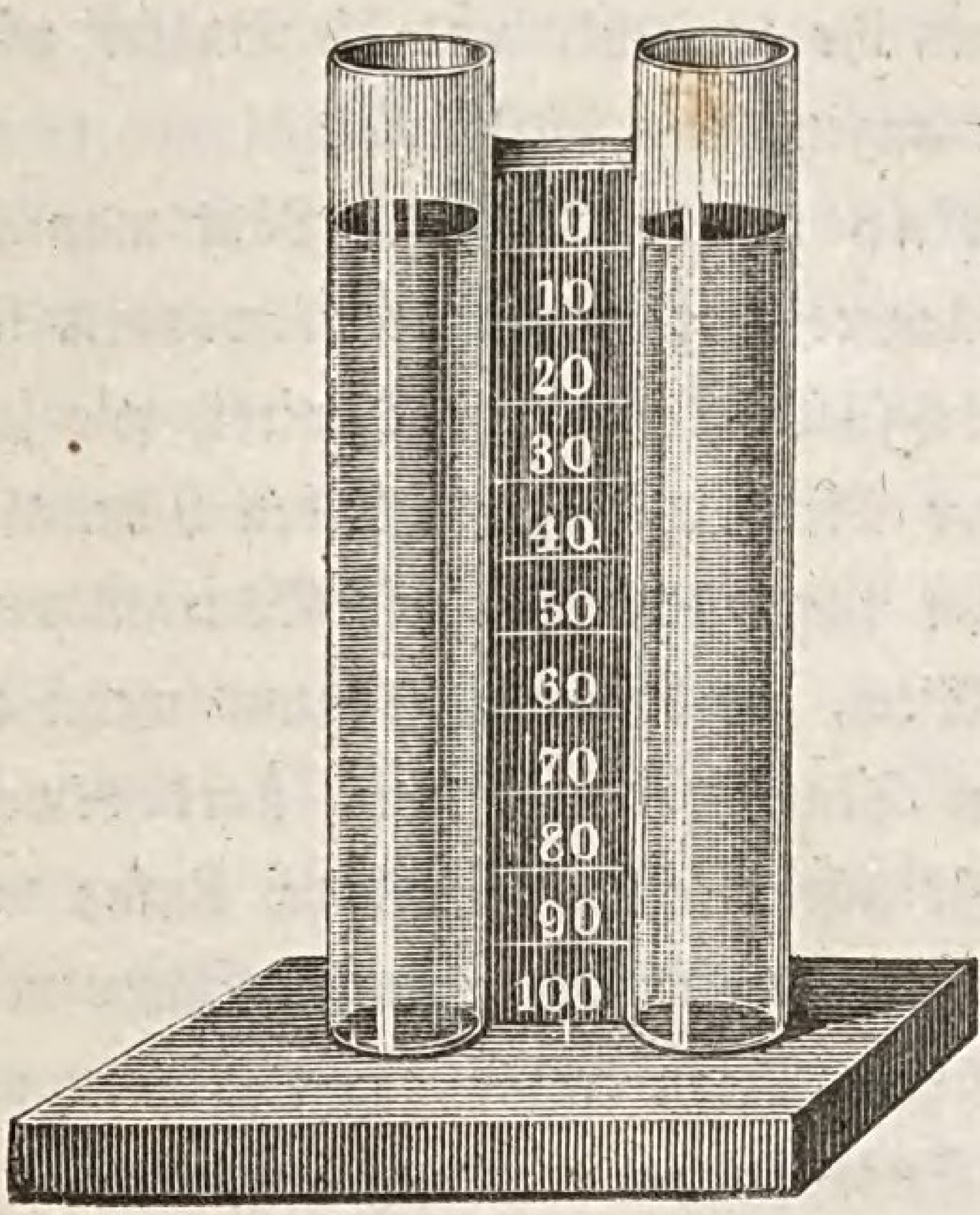
Milchzucker und Lab. Milchsäure. Versuch. Man löse den erhaltenen Milchzucker wieder in Wasser auf und lege ein Stückchen Kälbermagen in die Lösung: die Flüssigkeit wird an einem warmen Orte bald sauer werden, weil der Milchzucker sich in Milchsäure umwandelt (515).

Milch und Säuren. 628. Gerinnung der Milch durch Säuren. Versuch. Die Gerinnung der Milch, welche der Kälbermagen in einigen Stunden hervorbringt, wird durch Zusatz von Säuren augenblicklich hervorgerufen, wie man leicht bemerken kann, wenn man zu erwärmter Milch einige Tropfen irgend einer Säure gießt. In der geronnenen Masse sind auch hier alle Casein- und Fetttheile (Käse und Butter) der Milch enthalten.

629. Milchrahm. Versuch. Man fülle ein Gläschen mit frischer Milch an, verstopfe es und stelle es verkehrt 24—36 Stunden an einen kühlen Ort, dann lüfte man den Stöpsel, so daß der untere, dünnere Theil der Milch (blaue Milch) abläuft, der obere, dickere (süßer Rahm oder Sahne) aber zurückbleibt. Beim ruhigen Stehen steigen die leichteren Fettkügelchen der Milch in die Höhe und bilden auf der Oberfläche die bekannte fettige, dickliche Sahne. Wird diese längere Zeit geschüttelt oder geschlagen, so zerreißen die Hüllen der Fettkügelchen und diese letzteren backen zu Klumpen von Butter zusammen. Aus der abgelaufenen dünnen Milch kann man auf die schon angegebene Weise Casein, Eiweiß und Milchzucker abscheiden. Milch in der Ruhe.

Zur Prüfung der Güte der Milch, welche von der in ihr enthaltenen Rahm- oder Buttermenge abhängt, bedient man sich des nebenstehenden Rahmmessers, der aus mehren Glascylindern besteht, welche man bis zu dem Nullpunkte der angefügten Scala mit Milch anfüllt und ruhig stehen läßt, bis sich die Rahmschicht oben angesammelt hat. Man erfährt auf diese Art leicht, wie viel Rahm 100 Theile Milch geben, und es ist daher diese einfache Probe den Landwirthen sehr anzuempfehlen, um sich über die nach Alter und Raçe der Kühe wie nach deren Fütterung sehr wechselnde Qualität der Milch ihrer einzelnen Viehstücke genaue Auskunft zu verschaffen. Gute Kuhmilch enthält im Mittel 4—5 Proc. Butter und liefert am Rahmmesser ungefähr 15—16 Grade Rahm. Der mittlere Gehalt der Milch an Casein beträgt etwa 4 Proc., der an Milchzucker 4 Proc., der an minerali- Rahmmesser.

Fig. 228.



schen Bestandtheilen ½ Proc., der an festen Bestandtheilen überhaupt etwa 12—14 Proc. Die Milch zeigt in der Regel eine schwache alkalische Reaction.

Butter. Die Butter besteht, wie die Pflanzenfette, aus einem festen Fette (Margarin) und einem flüssigen (Elain) und hat ganz die Eigenschaften der ersteren (533.). Außer den genannten zwei Fettarten enthält die Butter aber auch noch eine kleine Quantität eines eigenthümlichen flüssigen Fettes (Butyrin), in dem mehre flüchtige Fettsäuren gebunden sind. Bleibt Butter längere Zeit an der Luft stehen, so werden kleine Mengen von diesen flüchtigen Säuren (Buttersäure, Capronsäure ꝛc.) in Freiheit gesetzt; diese sind die Ursache des sogenannten Alt- oder Ranzigwerdens der Butter und ertheilen derselben den bekannten unangenehmen Geruch und Geschmack. Kocht man altgewordene Butter mit der doppelten Menge Wassers einige Male auf, so werden diese Säuren aus ihr entfernt, und die Butter zeigt nach dem Erkalten wieder einen angenehmen Geschmack.

Freiwilliges Gerinnen der Milch. 630. Freiwilliges Gerinnen der Milch. Läßt man die Milch in offenen Gefäßen längere Zeit stehen, so verwandelt sich ihr Milchzucker allmälig in Milchsäure, und diese bewirkt, wie jede andere Säure, ein Gerinnen der Milch und zugleich den bekannten sauren Geschmack derselben. Am schnellsten tritt die Säurebildung, mithin auch das Gerinnen der Milch, zur Sommerszeit und wenn die Milch, wie z. B. bei weiterem Transport derselben, stark bewegt wird, ein. In solchen Fällen läßt sich das Gerinnen durch Zusatz von etwas Soda einige Zeit aufhalten, da diese die erzeugte Säure neutralisirt und abstumpft. An kühlen Orten findet das Gerinnen erst Statt, nachdem sich die meisten Fettkügelchen oben angesammelt haben (saurer Rahm). Aus diesem Rahm bereitet man bei uns am häufigsten die Butter, und deswegen zeigt auch die hiebei übrig bleibende Buttermilch (ein Gemenge von geronnenem Casein, Milchsäure und Wasser mit rückständigen Buttertheilchen) einen sauren Geschmack. Die unter dem Rahm befindliche sogenannte Schlickermilch enthält nur noch Spuren von Fett und besteht demnach aus Wasser, Milch-

säure und coagulirtem Casein. Durch Abpressen erhält man daraus die aus einer Lösung von Milchsäure in Wasser bestehenden **sauren Molken**, und als Rückstand das geronnene oder coagulirte Casein, aus dem unsere gewöhnlichen **mageren Kuhkäse** dargestellt werden. In feuchtem Zustande aufbewahrt, erleiden diese eine Zersetzung (Fäulniß), bei der sich Ammoniak erzeugt, welches mit dem Casein eine weiche, seifenartige Masse bildet. Schreitet die Fäulniß noch weiter fort, so erzeugen sich zuletzt auch, außer Leucin ꝛc., sehr widerlich riechende, flüchtige Verbindungen (Schwefelwasserstoff, Baldriansäure, flüchtige Fettsäuren ꝛc.). Freiwilliges Gerinnen der Milch.

631. **Gährung der Milch. Versuch.** Man lasse Milch in einem Gläschen stehen, bis sie eben geronnen ist, und stelle sie dann, mit einer Gasentwicklungsröhre versehen (Fig. 198), an einen 24—30° C. warmen Ort: es wird in der Flüssigkeit eine lebhafte Entwicklung von Kohlensäure eintreten, weil sich der noch nicht in Milchsäure übergegangene Milchzucker in höherer Temperatur erst in Traubenzucker und dann in Weingeist und Kohlensäure umwandelt. Hiebei bildet sich aber gleichzeitig auch etwas Buttersäure, die dem Branntwein, welchen man durch Destillation der ausgegohrenen und abgepreßten Flüssigkeit erhält, einen unangenehmen Geschmack ertheilt. Der **Kumyß** der Tartaren ist ein solcher durch Gährung von Pferdemilch gewonnener Branntwein. Weingeist aus Milch.

632. **Asche der Milch.** Wird Milch bei Zutritt der Luft verbrannt, so bleibt zuletzt, nachdem aller Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff derselben in luftförmige Verbindungen verwandelt ist, eine **Asche** übrig, welche aus Kali, Natron, Kalk, Bittererde und Eisenoxyd, wie aus Phosphorsäure, Schwefelsäure und Chlor besteht. Unorganische Salze in der Milch.

## Die Nahrungsmittel und die Verdauung.

633. **Nahrungsmittel.** Ueberblickt man die im Vorigen angegebenen Bestandtheile des Eies und der Milch, so findet man darin folgende Grundstoffe: Nahrungsmittel.

Nahrungsmittel.

| Das Ei besteht aus | | Die Milch besteht aus | |
|---|---|---|---|
| Wasser | = H, O, | Wasser .... | = H, O, |
| Eieröl | = H, O, C, P, | Butter ... <br> Milchzucker | = H, O, C, |
| Eiweiß | = H, O, C, N, S, P, | | |
| | | Casein ... <br> Eiweiß ... | = H, O, C, N, S, P, |
| Schale u. andern unorg. Stoffen | Ca, Mg, Na, K, Fe, P, S, Cl, O. | unorganischen Stoffen .. | = Ca, Mg, Na, K, Fe P, S, Cl, O. |

Genau dieselben und nur dieselben Elementarstoffe findet man aber auch in dem Thierkörper; der Schluß liegt also nahe: daß die Bestandtheile des Hühnereies beim Bebrüten des Eies zur Bildung des jungen Hühnchens, und die Bestandtheile der Milch, welche die Nahrung eines jungen Säugethiers ausmacht, zum Wachsthum und zur Ernährung des letzteren verwendet werden. Gleiches geschieht auch mit den Bestandtheilen der Pflanzen- und Thierstoffe, die uns zur Speise dienen.

Bestandtheile der Nahrungsmittel.

Ein vollständiges Nahrungsmittel muß alle oben angegebenen Bestandtheile, und zwar in einer lösbaren (verdaulichen) Verbindung enthalten. Die genannten näheren Bestandtheile des Eies und der Milch sind schon thierischer Natur, sie brauchen daher bei ihrer Verwendung zur Ernährung eines anderen Thieres oder des Menschen nur eine Formänderung zu erfahren, um in dem Organismus derselben wieder das zu werden, was sie vorher in einem anderen waren. Bei den vegetabilischen Nahrungsmitteln dagegen muß während des Verdauungs- und Assimilationsgeschäfts auch eine materielle Veränderung stattfinden, damit sie sich zu Bestandtheilen des Thierkörpers umwandeln können. Von den näheren Bestandtheilen der Pflanzen haben große Aehnlichkeit und fast gleiche Zusammensetzung:

a) die stickstofffreien Stoffe, als: Cellulose, Stärke, Dextrin, Zucker und fettes Oel, mit dem Fette der Thiere;

b) die stickstoffreichen Stoffe, als: Pflanzeneiweiß, Pflanzencasein und der Kleber, mit dem Blute und Fleische der Thiere;

c) die mineralischen Stoffe mit den mineralischen Bestandtheilen des Thierkörpers, insbesondere mit den thierischen Knochen. Bestandtheile der Nahrungsmittel.

Wir schließen hieraus, wie aus anderen physiologischen Thatsachen, daß bei der Ernährung durch Pflanzenkost die erstgenannten vegetabilischen Stoffe zur Erzeugung von thierischem Fett (und zur Athmung, 639.) verwendet, die zweiten dagegen in Blut und Fleisch und die letzten in Knochen ꝛc. umgewandelt werden.

Nach dem Mitgetheilten würden die Nahrungsmittel von selbst in 3 Abtheilungen zerfallen, je nachdem in ihnen die genannten Bestandtheile a, b, oder c vorherrschen In der Wirklichkeit fallen jedoch die beiden letzten Abtheilungen in eine zusammen, da die stickstoffreichen Stoffe immer auch reich an Mineralstoffen sind, so daß man nur 2 Klassen von Nahrungsmitteln zu unterscheiden hat, nämlich: Eintheilung der Nahrungsmittel.

1) Respirationsmittel, d. h. Nahrungsmittel, in welchen die stickstofffreien Bestandtheile vorherrschen. Man kann dieselben auch Wärme- und Fettbilder nennen, weil ihnen einerseits die Entstehung der thierischen Wärme (639.), andererseits, namentlich bei überreichlichem Genusse derselben, die Erzeugung des Fettes oder Talges im Thierkörper zuzuschreiben ist. Hieher gehören alle älteren, reiferen Pflanzentheile, mit Ausnahme der Samen, als z. B. Kartoffeln, Rüben, Obst, Kraut, Heu, Stroh ꝛc.

2) Plastische Nahrungsmittel, d. h. Nahrungsmittel, in welchen die stickstoffhaltigen Bestandtheile vorherrschen. Diesen kann man auch den Namen Blut- und Fleischbilder (auch Knochenbilder) beilegen, weil sie in reichlicher Menge die für das Blut und Fleisch charakteristischen chemischen Elemente, Stickstoff und Phosphor enthalten. Hieher gehören alle Theile des Thierkörpers, mit Ausnahme des Speckes oder Talges; von den Pflanzentheilen aber nur die Samen, voraus die der Hülsenfrüchte und die Blätter und Stengel, so lange sie noch ganz jung sind. Mit dem Blute gehen die aufgenommenen stickstoffreichen Bestandtheile derselben nachher in alle Theile des Körpers über und werden hier in Fleisch und Zellen,

Eintheilung der Nahrungsmittel. dort in Nerven, Knorpel, Haare, Nägel ꝛc. umgebildet. Daher der Name plastische oder bildende Nährmittel. Der Landwirth benutzt diese letzteren insbesondere zur Mästung, wie nächstdem zur Erzeugung von Kraft in seinen Zugthieren. Er bezeichnet sie daher auch mit dem Namen Kraftfuttermittel. Da zur Unterhaltung des Lebens beide Arten von Nährmitteln, die wärmebildenden und die blutbildenden, gleich nöthig sind, so müssen in einer »guten Nahrung« natürlich beide und zwar in einem bestimmten Verhältnisse zugegen sein.

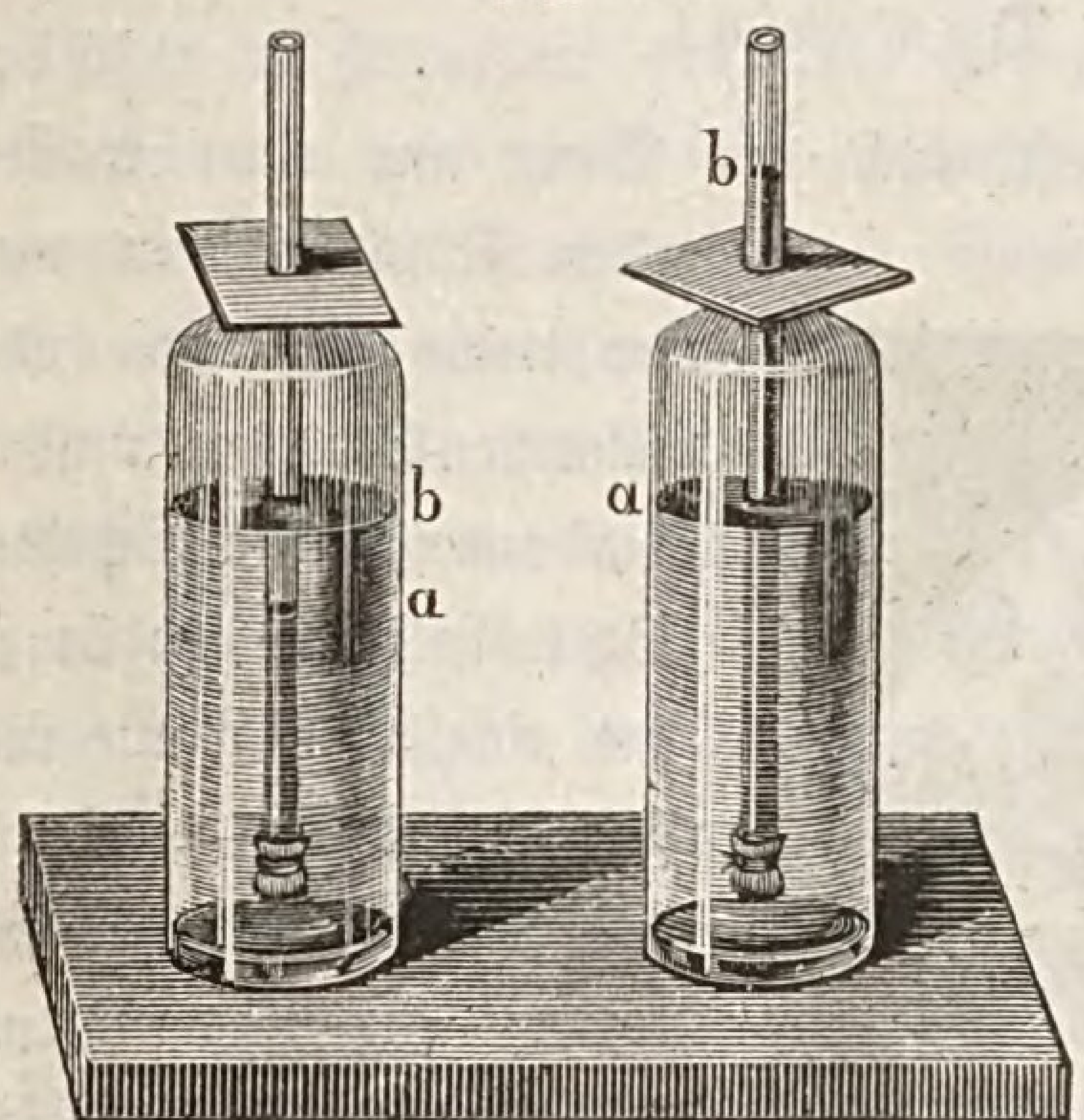
Verdauung. 634. Verdauung. Die Vorbereitung zur Lösung der Nahrungsmittel erfolgt schon im Munde, nicht bloß durch die mechanische Zerkleinerung derselben mittelst des Zerkauens, sondern auch chemisch durch die Vermischung mit dem Speichel, welcher einen noch nicht genauer gekannten organischen Stoff (Speichelstoff) enthält, der wie die Diastase (460.) die Kraft besitzt, Stärke in Dextrin und Zucker umzuwandeln.

In dem Magen vermischen sich die genossenen Nahrungsmittel mit dem Magensafte, einer freie Milchsäure, Salzsäure, Kochsalz und eine besondere organische Substanz (Pepsin oder Verdauungsstoff) enthaltenden Flüssigkeit, die von der inneren Haut (Schleimhaut) des Magens abgesondert wird und eine überaus starke, lösende Kraft besitzt. Die Speisen erweichen dadurch und gehen zum großen Theil in eine auflösliche, weiße, breiartige Masse über, die den Namen Chymus oder Speisebrei führt. Die Salzsäure entsteht jedenfalls durch eine in dem Körper stattfindende Zersetzung des genossenen Kochsalzes und ist zur Auflösung und Assimilation (Verdauung) der Speisen unentbehrlich. Wie dieselbe wirkt, ergiebt sich daraus, daß mit Salzsäure schwach sauer gemachtes Wasser, wenn man es vorher mit einem Stückchen Magenschleimhaut (Kälbermagen) einen Tag lang in Berührung gelassen hat, die Fähigkeit erlangt, bei einer Temperatur von 30 — 40° C. hartgekochtes Eiweiß, Fleisch und andere Speisen aufzulösen, die in bloß angesäuertem Wasser nicht löslich sind. Aus dem Speisebrei wird Alles, was auflöslich geworden ist, während des Durchganges durch die Eingeweide aufgesogen und als Nahrungs-

saft oder Chylus dem Blute zugeführt. Der Verlauf der Veränderungen, welche die Speisen in dem thierischen Körper erfahren, ist daher folgender: Aus den Speisen wird Speisebrei, aus diesem Nahrungssaft, aus diesem Blut; aus dem Blute aber bilden sich alle die zahllosen Organe und Bestandtheile des Thierkörpers, ähnlich, wie sich aus dem Pflanzensafte alle Organe und Bestandtheile der Pflanzen erzeugen. Verdauung.

635. Endosmose. Versuch. Man fülle eine mit Blase überbundene Glasröhre (s. 614.) halb voll mit gequirltem und durch ein Endosmose.

Fig. 229.



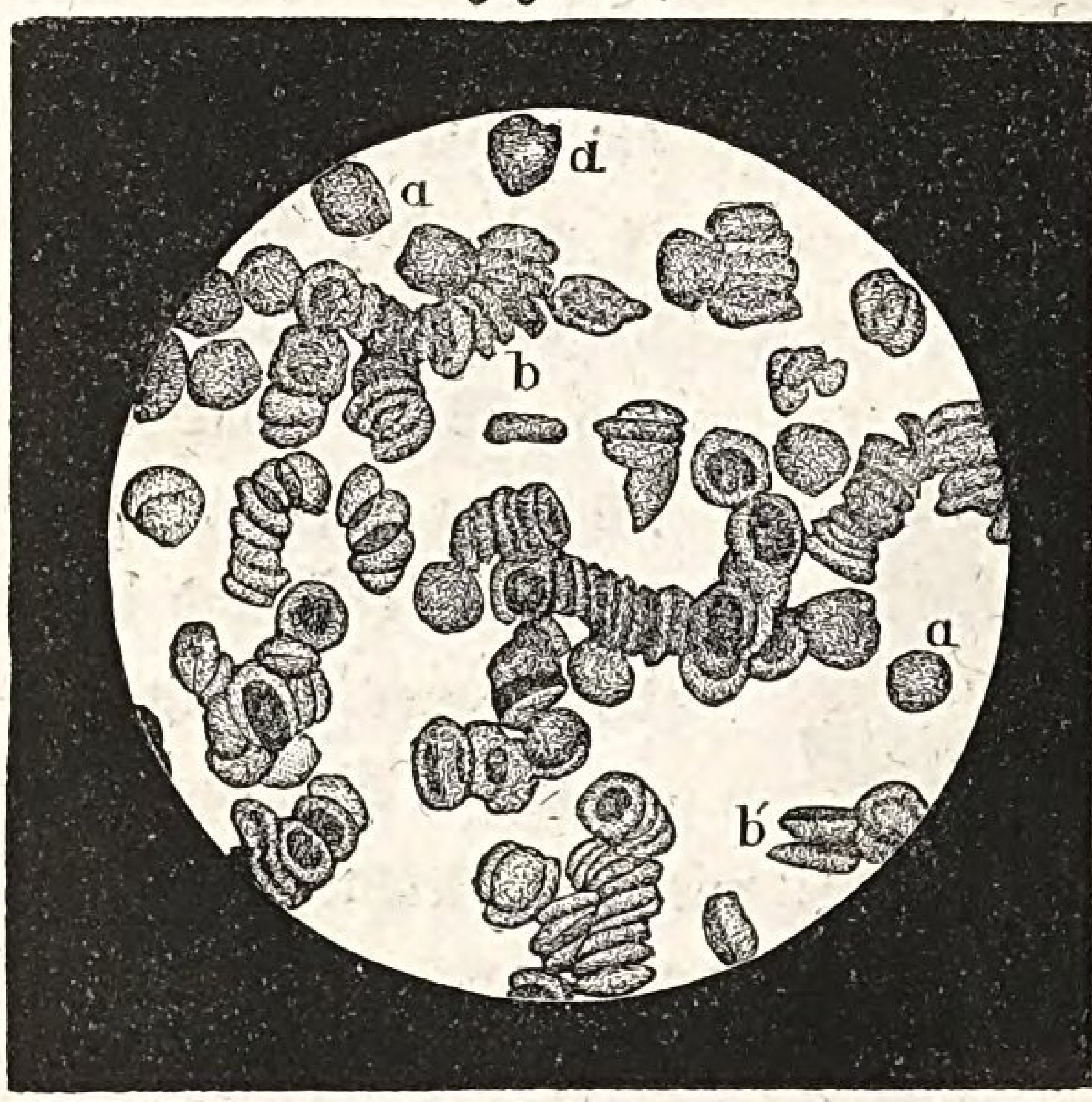

Tuch geseihetem Ochsenblute und stelle sie bis zu gleichem Niveau in warmes Wasser: das Blut wird nach kurzer Zeit in die Höhe steigen (ganz so wie das Salzwasser im Versuche 614.), weil das Wasser durch die Blase zu dem Blute übergeht. Der Grund dieses Uebergangs ist in dem reichen Salzgehalte (nahezu 1 Proc.) des Blutes zu suchen, wie man leicht durch einen zweiten Versuch nachweisen kann, zu dem man statt des Blutes die klare Blutflüssigkeit anwendet, die man erhält, wenn man das Blut aufkocht und die geronnene Masse in einem leinenen Tuche abpreßt. In dieser Flüssigkeit befinden sich nur noch die löslichen Salze des Blutes, die vorherrschend aus Kochsalz bestehen; dennoch aber zeigt sie dasselbe Verhalten wie das Blut in Substanz, sie zieht das Wasser an sich. Diese Versuche gewähren einige Einsicht in das Wesen des Auffsaugungsprocesses, wie er im Thierkörper stattfindet. Der Magen und der ganze Verdauungscanal ist von Blutgefäßen umgeben, in denen sich das Blut mit einer großen Geschwindigkeit bewegt.

Endosmose. Das Blut ist weit salzreicher als der aus den Speisen und Getränken entstehende Magen- und Darminhalt, es findet demnach eine gleiche Endosmose oder Durchschwitzung der Flüssigkeit des letzteren zu dem Blute Statt wie bei obigem Versuche. Durch die Harnwerkzeuge wird das übergeströmte Wasser sogleich wieder aus dem flüssigen Blute entfernt und dieses stets auf einem gleichen Zustande der Concentration oder Stärke erhalten. Hienach hat also das Kochsalz auch noch wegen der angegebenen physikalischen Eigenschaft eine besondere Bedeutung für das Thierleben.

## III. Das Blut.

Blut. Wie die Milch, so besteht auch das Blut aus einer wasserhellen Flüssigkeit, in welcher kleine Kügelchen oder vielmehr Scheiben umherschwimmen; diese Scheiben (Blutkörperchen) haben jedoch eine rothe Farbe und sind die Ursache der Farbe des Blutes. Die beistehende Abbildung zeigt die Blutkörperchen in dem menschlichen Blute, wie sie durch starke Vergrößerung erscheinen. Die mit *a* bezeichneten sind platt aufliegend, die mit *b* bezeichneten hingegen aufgerichtet.

Fig. 230.




Blut an der Luft, in Ruhe. 636. **Versuch.** Läßt man das Blut eines Thieres ruhig in einem Gefäße stehen, so erleidet es binnen kurzer Zeit eine Veränderung: es gerinnt nämlich zu einer dunkelrothen Gallerte (Blutkuchen), die sich bei längerem Stehen zusammenzieht und eine gelbliche Flüssigkeit ausscheidet (Blutflüssigkeit oder Blutserum). Wird die letztere bis zum Kochen erhitzt, so gerinnt sie zu einer weißen Gallerte: sie besteht

nämlich aus einer Lösung von Eiweiß. In dem Blutkuchen sind zwei Körper mit einander vereinigt: die rothen Blutkügelchen und eine weiße faserige Masse, Thierfibrin. So lange das Blut in den Adern bleibt, ist das Fibrin, wie das Eiweiß, gelöst, es wird aber unlöslich, so wie das Blut den Thierkörper verlassen hat. Die bis jetzt genannten Bestandtheile des Blutes ändern sich beim ruhigen Stehen desselben in folgender Weise um:

*Blut an der Luft, in Ruhe.*

Aus Wasser, Eiweiß, Blutkügelchen, Fibrin,

entsteht: Blutflüssigkeit und Blutkuchen.

*Blut an der Luft, in Bewegung.*

637. Versuch. Wird das frisch aus der Ader kommende Blut während des Erkaltens gequirlt oder geschlagen, so gerinnt es nicht; das Fibrin wird zwar auch unlöslich, aber als eine fadenartig zusammenhängende Masse, die, mit Wasser lange geknetet, endlich weiß wird und nach dem Trocknen eine den Fleischfasern ähnliche Beschaffenheit zeigt. In der That kann es auch als halbfertiges Fleisch angesehen werden, da es mit diesem eine große Aehnlichkeit und eine gleiche Zusammensetzung hat und aus ihm sich jedenfalls das Fleisch des Thierkörpers bildet. Andererseits kommt es wieder mit dem geronnenen Eiweiß in seinen chemischen Eigenschaften nahe überein. Das übrig bleibende Blut behält nach der Ausscheidung des Fibrins seine rothe Farbe und gesteht erst beim Kochen zu einer Gallerte von dunkelrother Farbe, wie man diese in der sogenannten Blutwurst wahrnimmt. Die eben besprochene Veränderung des Blutes ist hienach folgende:

*Fibrin.*

Wasser, Eiweiß, Blutkügelchen Fibrin

bleiben flüssig. wird fest.

*Blutkügelchen.*

Vermischt man das geronnene, fibrinfreie Blut mit einer großen Menge von gesättigter Glaubersalzlösung, so werden die Blutkügelchen, ähnlich wie die Fettkügelchen der Milch (625.), so compact, daß sie auf einem Papierfilter zurückbleiben. Man nannte diese dunkelrothe, gallertartige Blutkügelchenmasse bisher Blutroth; sie läßt sich jedoch in zwei selbständige Körper trennen, welche die Namen Globulin und Hämatin erhalten haben und durch eine häutige Hülle, wie in einer Zelle, in den Blutkügelchen umschlossen sind. Das Glo-

Globulin. bulin zeigt in seinem Verhalten große Aehnlichkeit mit dem Eiweiß, weicht aber auch wieder von ihm, so namentlich dadurch ab, daß es an der Luft regelmäßige Krystallformen, die aber bei dem Blute der verschiedenen Thierarten verschieden sind, anzunehmen vermag. Das

Hämatin. Hämatin stellt den Farbstoff des rothen Blutes dar und bildet getrocknet eine schwarzbraune Masse, die sich in Alkalien mit dunkelrother Farbe auflöst. Bemerkenswerth erscheint, daß sie sehr eisenreich ist, da sie beim Verbrennen 10 Proc. Eisenoxyd hinterläßt. Wird das abfiltrirte Blutroth oder auch der geronnene Blutkuchen (636.) mit Wasser versetzt, so lösen sich beide Bestandtheile der Blutkügelchen auf und es bleiben nur deren Hüllen zurück; wird die Flüssigkeit aber erhitzt, so gerinnen selbige zu einer rothbraunen, getrocknet schwarzen Masse.

Bestandtheile des Blutes. 638. Hienach sind als organische Hauptbestandtheile des Blutes außer Wasser (circa 70 Proc.) zu bezeichnen: Eiweiß, Fibrin, Globulin und Hämatin; außerdem finden sich in ihm aber auch noch Fett-, Chylus- und Lymphkügelchen, Harnstoff und andere noch nicht näher bestimmte organische Materien. In Krankheitsfällen wird die Zusammensetzung des Blutes mannigfach geändert, indeß fehlen hierüber noch genaue Untersuchungen.

Unorganische Bestandtheile des Blutes. Endlich ist das Blut auch reich an mineralischen Bestandtheilen. Wird Blut zur Trockne verdampft und längere Zeit an der Luft erhitzt, so verbrennt es endlich vollständig bis auf einen Rückstand von ungefähr 8 Proc. Asche. Diese Asche besteht vorherrschend aus phosphorsauren Salzen und Kochsalz; von anderen Säuren sind noch Schwefelsäure und fette Säuren, von Basen Kali, Kalk- und Talkerde und Eisenoxyd darin zugegen. Wir haben also in dem Blute dieselben unorganischen Bestandtheile, die wir in der Asche unserer hauptsächlichsten Nahrungsmittel (Ei, Milch, Brot 2c.) antreffen. Im Pflanzenreiche finden wir dieselben Aschenbestandtheile am reichlichsten in den Pflanzentheilen, welche reich an eiweißartigen Stoffen sind, namentlich in den Samen unserer Getreidearten und Hülsenfrüchte.

Lymphe. Eine dem Blute ganz ähnliche Zusammensetzung hat auch die mit dem Namen Lymphe benannte gelbliche, wässerige Flüssigkeit des

Thierkörpers, die sich z. B. bei Brandblasen, schnell unter der Haut ansammelt; nur enthält diese keine rothen Kügelchen, wie das Blut, sondern farblose.

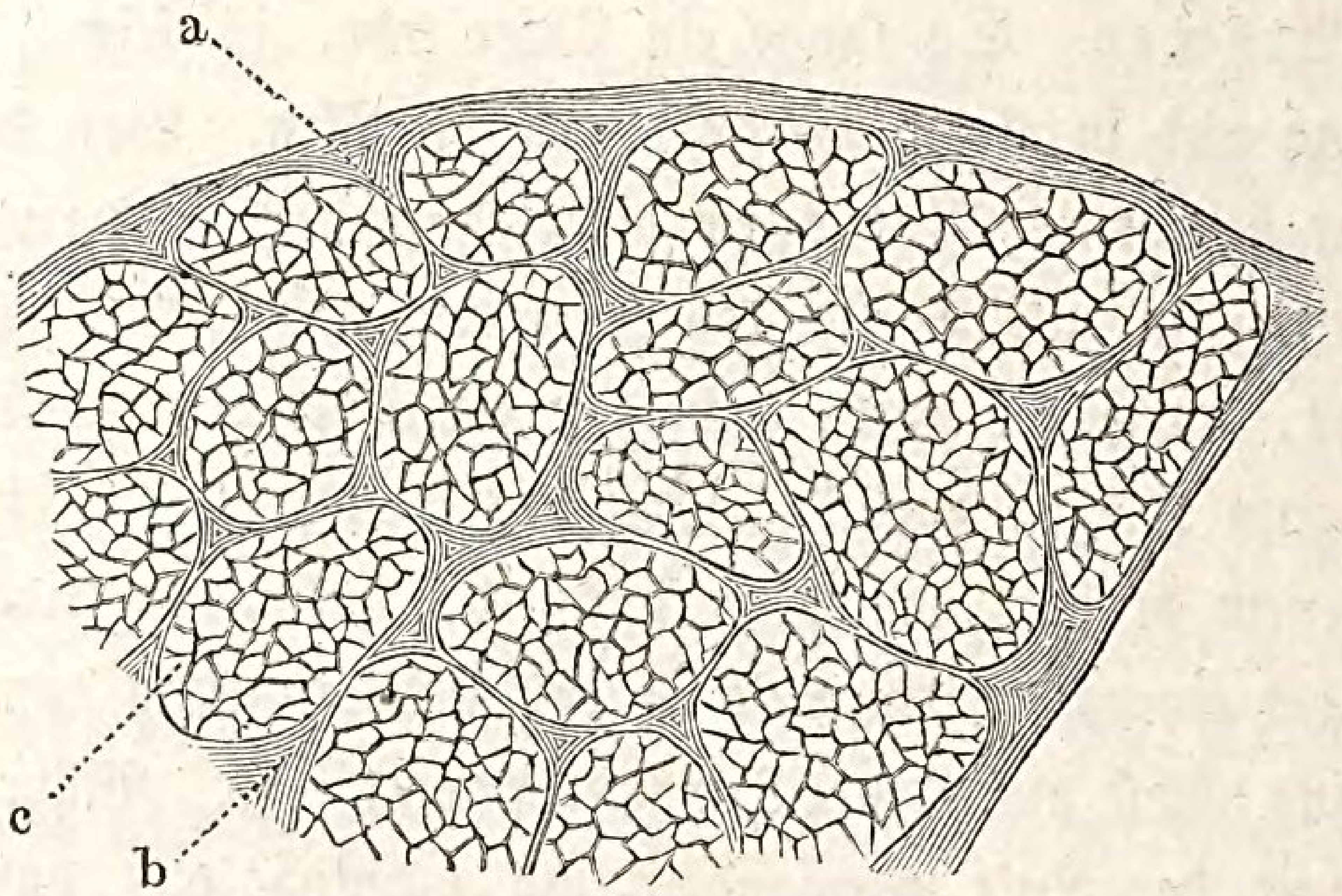
639. Das Athmen. So lange ein Thier lebt, ist sein Blut in steter Bewegung und in steter Veränderung begriffen. Von dem Herzen aus strömt hellrothes Blut durch die mehr innerlich liegenden Pulsadern (Arterien) in alle Theile des Körpers; von diesen kehrt es, dunkler gefärbt, durch die mehr äußerlich liegenden Drosseladern (Venen) wieder zum Herzen zurück. Ehe das letztere aber seinen Kreislauf von Neuem beginnt, wird es durch die Lungen getrieben, in denen es mit der eingeathmeten Luft in innige Berührung kommt und durch diese eine höchst auffallende Veränderung erfährt. Während der Berührung mit der Luft verwandelt sich nämlich das dunkle Venenblut wieder in hellrothes Arterienblut, und dabei verliert die Luft einen Theil ihres freien Sauerstoffs und empfängt dafür Kohlensäure und Wasserdunst; die ausgeathmete Luft ist demnach arm an Sauerstoff, dagegen reich an Kohlensäure und Wasserdunst. Diese Veränderung der Luft hat, wie man leicht sieht, die größte Aehnlichkeit mit derjenigen, welche die Luft bei dem Verbrennungsprocesse erleidet; denn auch hier wird ihr freier Sauerstoff in Kohlensäure und Wasser umgewandelt. Ja, diese Aehnlichkeit wird noch größer, wenn man weiter berücksichtigt, daß auch im thierischen Körper, so lange er lebt und athmet, Wärme frei wird, und daß auch die genossene Nahrung in ihm, ähnlich wie das Holz im Ofen, bis auf den verhältnißmäßig geringen Theil, der in der Gestalt von Excrementen fortgeht, verschwindet. Ihr Verschwinden erfolgt genau auf dieselbe Weise, wie das des Holzes, mit dem wir unsere Stuben erwärmen; es besteht in einer Verwandlung der ersteren in luftförmige Verbindungen, in Kohlensäure und Wasserdampf, welche theils ausgeathmet, theils durch die Haut ausgedünstet werden. Hiezu werden hauptsächlich die stickstofffreien Nahrungsmittel, z. B. Stärke, Zucker, Gummi, Fett, Milchsäure und andere organische Säuren, Bier, Wein 2c. verwendet und man nennt diese deshalb Respirationsmittel (633.).

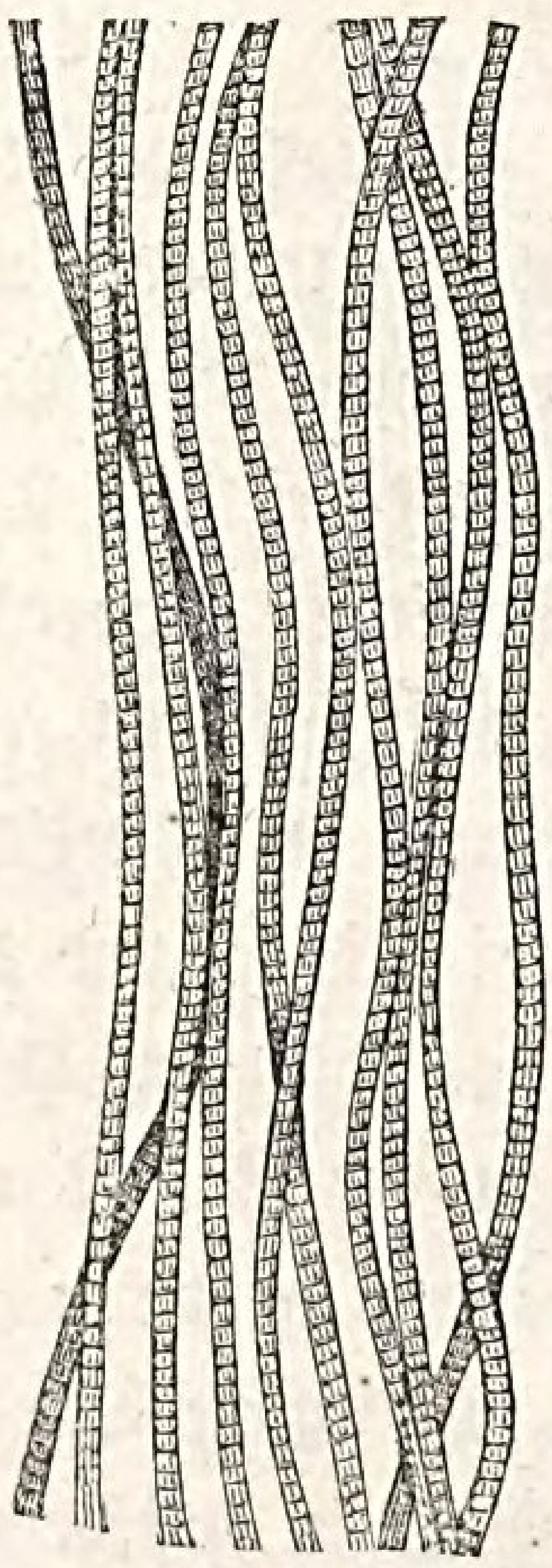
Veränderung des Blutes beim Athmen

## IV. Das Muskelfleisch.

Muskelfleisch. 640. Was man im gewöhnlichen Leben mageres Fleisch (Muskeln) nennt, ist ebenfalls (s. 637.) Thierfibrin oder Fleischfaser. In dieser Form besteht es aus Bündeln von feinen Fäden, die mit Zellgewebe, Nerven und Adern durchwebt und von Fett und einer wässerigen Flüssigkeit, der sogenannten Fleischflüssigkeit, innig durchdrungen sind. In der nebenstehenden oberen Figur ist der Querdurchschnitt eines Muskelstücks bei schwacher Vergrößerung abgebildet. Man sieht daran die durch Zellgewebe zu größeren Bündeln vereinigte und selbst wieder aus kleineren Bündeln bestehende Muskelsubstanz. Jedes der kleineren Muskelbündel, die ebenfalls von besonderen Zellgewebscheiden umhüllt sind, wird von zahlreichen, fein der Quere nach gestreiften, erst bei sehr starker Vergrößerung sichtbaren Fasern (Primitivfasern des Muskels) zusammengesetzt, wie deren einige in der unteren Figur abgebildet sind. Seiner chemischen Zusammensetzung nach besteht das Zellgewebe aus Leimsubstanz, die eigentliche feste Faser aber aus Fibrin.

Fig. 231.



641. Bestandtheile des Fleisches.

Fleischflüssigkeit. Fleischflüssigkeit. Versuch. Man hacke ¼ Pfund mageres Fleisch sehr fein, übergieße es mit ¼ Pfund Wasser und presse das

Flüssige nach viertelstündigem Stehen durch ein leinenes Läppchen ab; der Rückstand wird noch einmal mit ebensoviel Wasser übergossen und die abgepreßte Flüssigkeit mit der ersteren vermischt. In der erhaltenen röthlichen Fleischflüssigkeit sind fast alle löslichen, und zugleich alle schmeckenden und riechenden Bestandtheile des Fleisches enthalten. Erhitzt man sie bis zu 60° C., so sondert sich eine schaumige Masse daraus ab, die aus geronnenem Eiweiß besteht. Kocht man die von diesem abfiltrirte Flüssigkeit einige Zeit, so entsteht eine neue Trübung, welche von dem Blutroth und Fibrin (636.) des aus dem Fleische mitausgezogenen Blutes herrührt, die bei der Siedhitze ebenfalls gerinnen. Die nun übrig bleibende saure Fleischbrühe (Bouillon) enthält freie Phosphorsäure, Milchsäure, Inosinsäure, phosphorsaure und milchsaure Alkalien (viel Kali, wenig Natron), phosphorsaure Magnesia, und nebst mehren noch nicht genau untersuchten organischen Stoffen, zwei krystallisirbare, indifferente, organische Körper (Kreatin und Inosit), und einen krystallisirbaren, basischen, organischen Körper (Kreatinin). Durch Abdampfen wird die Fleischbrühe gelb und endlich braun (Bratenbrühe); dampft man sie bis zur Trockne ab, so bleibt eine dunkelbraune, weiche Masse (Fleischertract) übrig, von welcher 1 Loth hinreicht, um 1 Pfund Wasser, dem man etwas Kochsalz zugesetzt hat, in eine starke und wohlschmeckende Fleischbrühe zu verwandeln.

Fleischflüssigkeit.

Fleischbrühe.

Bratenbrühe.

Fleischertract.

Fleischfaser. Versuch. Kocht man den vom vorigen Versuche übrig gebliebenen Fleischrückstand einige Stunden mit Wasser, so erhält man durch Auflösung des Zellgewebes eine in der Kälte zu einer Gallerte gestehende Flüssigkeit, die der Hauptsache nach aus einer Auflösung von Leim besteht. Die obenauf schwimmenden Fettaugen rühren von dem Talg oder Fett des Fleisches her. Was übrig bleibt, ist Fleischfaser (Muskelfibrin), eine milchweiße, harte, geschmack- und geruchlose, faserige Masse, welche mit dem coagulirten Blutfibrin oder Eiweiß die größte Aehnlichkeit hat. In diesem verhärteten Zustande ist die Fleischfaser schwer verdaulich und wenig nahrhaft.

Fleischfaser.

Ueber die quantitative Zusammensetzung des Fleisches giebt die nachstehende Zusammenstellung einen ungefähren Ueberblick. Aus 1000 Pfund Rindfleisch wurden erhalten:

Menge der Fleischbestandtheile.

| | | |
|---|---|---|
| a) durch Ausziehen mit Wasser . . . . . . | 60 | Pfd. |
| (zur Hälfte aus Eiweiß bestehend) | | |
| b) durch 5stündiges Auskochen mit Wasser . . | 6 | » |
| (größtentheils aus Leim bestehend) | | |
| c) magere, saft- und geschmacklose Fleischfaser . | 164 | » |
| d) Fett oder Talg . . . . . . . . . . . | 20 | » |
| e) Wasser . . . . . . . . . . . . . . . | 750 | » |
| | 1000 | Pfd. |

Kochen des Fleisches.

642. **Kochen des Fleisches.** Um durch Kochen ein vorzüglich weiches, wohlschmeckendes und nahrhaftes Fleisch zu erhalten, muß man dafür sorgen, daß die Fleischflüssigkeit während des Kochens **nicht** aus dem Fleische herausgezogen werde, sondern darin bleibe, und daß das Kochen nicht zu lange fortgesetzt werde. Bleibt das in der Fleischflüssigkeit enthaltene **Eiweiß** zwischen den Fleischfasern, so erhält man ein zartes gekochtes oder gebratenes Fleisch; geht es während des Kochens oder Bratens in die Brühe über, so wird das Fleisch zähe und hart. Am besten bringt man das zu kochende Fleisch in siedendes Wasser, unterhält das Sieden einige Minuten und läßt es dann an einer Stelle des Ofens, wo es nur etwa 70° C. heiß bleibt, einige Stunden stehen. Bei diesem Verfahren gerinnt das in der äußeren Fleischschicht befindliche Eiweiß sogleich durch das siedende Wasser und bildet in geronnenem Zustande eine Hülle, die ebenso das Austreten der Fleischflüssigkeit, als das Eindringen des äußeren Wassers in's Innere des Fleischstückes verhindert.

Bereitung von Fleischbrühe.

643. **Bereitung von Fleischbrühe.** Umgekehrt muß man verfahren, wenn man eine gute und reichliche Brühe aus dem Fleische gewinnen will. Man hackt zu dem Ende das Fleisch fein, mischt es mit dem gleichen Gewichte kalten Wassers gleichförmig erhitzt es damit langsam bis zum Aufwallen, welches man nur einige Minuten andauern läßt, und preßt endlich die Flüssigkeit ab. Versetzt man diese mit etwas Kochsalz und den anderen Zuthaten, womit man die Fleischbrühe gewöhnlich würzt, und färbt sie, um ihr die übliche, be-

liebte, bräunliche Farbe zu geben, mit braungebrannten Zwiebeln oder gebranntem Zucker etwas dunkler, so erhält man auf diese Weise die beste Fleischbrühe, welche sich aus einer gegebenen Fleischmenge überhaupt bereiten läßt. Bisher pflegte man häufig anzunehmen, daß der Leim der wichtigste, charakteristischste Bestandtheil der Fleischbrühe sei; dies ist jedoch irrig, da der Leim an und für sich ganz geschmacklos ist und nur einen höchst unbedeutenden Theil der Fleischbrühe ausmacht. Aus diesem Grunde sind auch die sogenannten, fast ganz aus Leim bestehenden Suppen- oder Bouillontafeln, welche man in England und Frankreich bereitet, nicht im Stande, eine wirklich gute Fleischbrühe zu liefern. Leimgehalt der Fleischbrühe.

644. Einpöckeln von Fleisch. Eine allgemein bekannte Methode, das Fleisch längere Zeit zu conserviren, besteht darin, daß man es einpöckelt, d. h. mit Kochsalz einreibt und bestreut und einige Zeit, über einander geschichtet oder gepreßt, liegen läßt. Hiebei zieht das Kochsalz $1/3$ bis $1/2$ von der Fleischflüssigkeit aus dem Fleische heraus, löst sich darin auf und bildet damit die sogenannte Salzlake. Da sonach mit dieser Lake ein großer Theil des nahrhaften Eiweißes und der zur Verdauung und Ernährung nothwendigen milchsauren und phosphorsauren Salze, wie des Kreatins und Kreatinins, aus dem Fleische entfernt wird, so muß das letztere an Nahrhaftigkeit verlieren, und es ist nicht unwahrscheinlich, daß hierin der Grund liegt, warum ein lange anhaltender Genuß von gesalzenem Fleische, z. B. auf Seereisen, Scorbut und andere Krankheiten zur Folge hat. Man thut daher gewiß besser, das Einsalzen des Fleisches nicht so lange dauern zu lassen, bis sich eine Salzlake bildet. Einpöckeln von Fleisch

## V. Die Galle.

645. Die Galle sondert sich in der Leber aus dem Venenblute ab; sie besteht aus einer dicklichen, grüngelben Flüssigkeit und besitzt einen sehr bitteren Geschmack. Die Ochsengalle, die man am genauesten untersucht hat, enthält als Hauptbestandtheile zwei eigenthümliche Säuren (Glykocholsäure und Taurocholsäure) sowie Galle.

Galle. fette Säuren, die mit Natron verbunden sind und eine seifenähnliche Beschaffenheit zeigen. Schüttelt man Galle mit Wasser, so schäumt die Auflösung wie Seifenwasser; ähnlich wie dieses verhält sie sich auch gegen fettige Stoffe, und deshalb wird sie oft benutzt, um seidene Stoffe, die durch Anwendung von Seife ihre Farbe verlieren würden, damit zu waschen. Die mit ihrem Inhalte getrocknete Gallenblase der Karpfen bildet einen Handelsartikel.

Galle und Zucker. **Versuch.** Man löse ein wenig Karpfengalle, oder einige Tropfen frischer Ochsengalle, in wenig Wasser auf und versetze die Lösung nach und nach mit so viel englischer Schwefelsäure, bis der entstandene Niederschlag wieder völlig aufgelöst ist; bringt man jetzt einen Tropfen Zuckerwasser oder dünnen Stärkekleister hinzu, so nimmt die Flüssigkeit, wenn sie durch den Zusatz von Schwefelsäure nicht zu heiß wurde, eine prächtig violette Farbe an. Man kann auf diese Weise äußerst geringe Mengen von Zucker oder Stärke entdecken; zur Erkennung der Galle ist diese Probe jedoch nicht zuverlässig, da außer der Galle auch noch andere stickstoffhaltige thierische Stoffe jene Farbenänderung hervorzurufen vermögen.

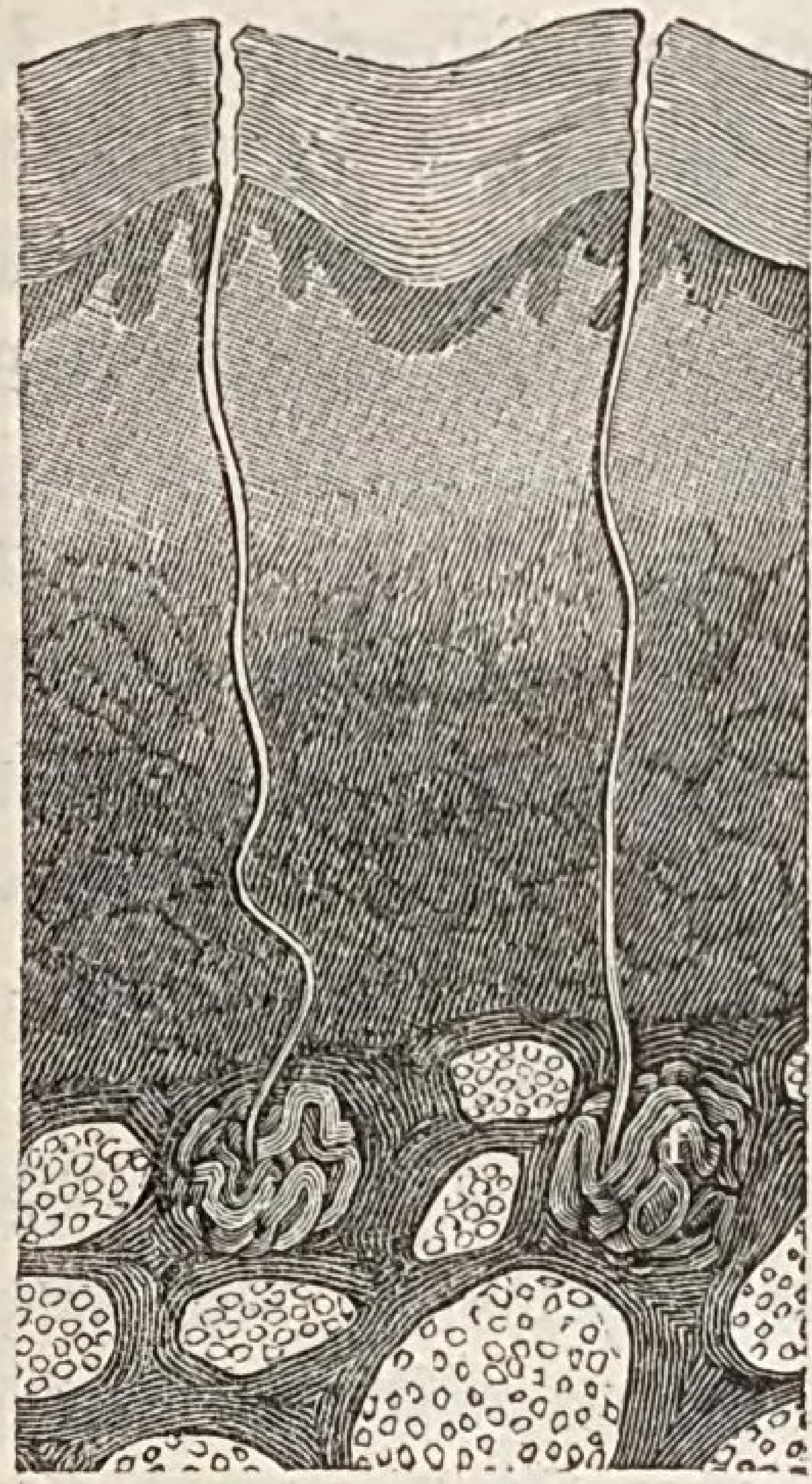
## VI. Die Haut und die leimgebenden und hornartigen Gewebe.

### Haut und Leim.

Haut. 646. Der ganze Körper der Thiere ist äußerlich von der festen, elastischen Haut umgeben, die aus einem dichten Gewebe von Zellen und Fasern besteht und aus mehren über einander liegenden Schichten zusammengefügt ist. Die nebenstehende Figur stellt einen Durchschnitt der menschlichen Haut unter sehr starker Vergrößerung mit ihren drei Hauptschichten: Oberhaut, Lederhaut und Unterhautzellgewebe, dar. Die erstere besteht aus der Hornschicht *a*, die den äußersten, abgestorbenen, sich immer abschuppenden Theil der Haut bildet, und aus der dieselbe fort und fort neu erzeugenden Schleimhaut *b*. Unter dieser liegt die Lederhaut, die eigentliche Hauptmasse der Haut *c*, welche aus sehr festen Bindegewebsfasern besteht. Der unterste Theil, das Unterhautzellgewebe *d*, mit den

eingeschlossenen Fettmassen *e*, hat zweierlei Arten von kleinen Canälen oder Drüsen, von denen die einen (durch die sogenannten Poren der Haut)

Fig. 232.




*f* eine wässerige, Ameisensäure, Essigsäure, Kohlensäure, Kochsalz ꝛc. enthaltende Flüssigkeit, den **Schweiß**, die anderen eine fettige Masse, die Hautschmiere, absondern. Der thierische Körper des Menschen und der warmblütigen Thiere hat bekanntlich immer eine constante Temperatur von nahezu 40° C. und wird nicht heißer, selbst wenn eine doppelt so starke Sonnenhitze oder heiße Luft auf ihn einwirkt, oder wenn er starker Bewegung und Anstrengung ausgesetzt wird; wohl aber schwitzt er unter solchen Umständen stärker. Die Ausdünstung wirkt hier als **Regulator** der **Wärme**, indem durch sie aller Ueberschuß der letzteren latent gemacht, d. h. zur Bildung von dampfförmigem Wasser verwendet wird (40.).

Versuch. Man lege ein Stück frischer Thierhaut in Wasser: es schwillt darin auf, ohne sich zu lösen, bei längerer Aufbewahrung geht es in stinkende Fäulniß über. Kocht man die Haut hingegen mehre Stunden mit Wasser, so zergeht der größte Theil davon, und man erhält eine Flüssigkeit, die beim Erkalten zu einer **zitternden Gallerte gerinnt**. Getrocknet bildet diese den bekannten Leim. Die Haut enthält nicht fertig gebildeten Leim, sondern ein Gewebe, welches durch langes Kochen erst in Leim übergeht; man nennt dieses Gewebe **leimgebendes**, und die Masse, aus welcher es besteht, **Leimsubstanz**. Haut und Wasser.

647. Die **Leimsubstanz** macht einen Hauptbestandtheil des Thierkörpers aus, denn sie findet sich fast in allen Körpertheilen, welche Leimsubstanz in Knochen, Haut ꝛc.

Leimsubstanz in Knochen, Haut ꝛc. nicht zu den eiweißartigen Stoffen gehören, obwohl sie diesen nach ihren Bestandtheilen sehr ähnlich sind, z. B. in den inneren Häuten, den Knorpeln, den Sehnen und Bändern, den Knochen, dem Hirschhorn ꝛc. Ihre Zusammensetzung kommt der des Eiweißes oder Thierfibrins sehr nahe; sie ist, wie diese, sehr reich an Stickstoff, nächstdem auch an Schwefel, unterscheidet sich aber von ihnen wieder wesentlich durch mehre Eigenschaften und durch ihr Verhalten gegen andere Stoffe.

Hausenblase und Hirschhorn. Zu den leimgebenden Substanzen gehört auch die Hausenblase. Diese besteht aus der inneren Haut (Schleimhaut) mehrer Fische, besonders des Hausens und Störs, welche man nach vorhergegangener Reinigung trocknet und entweder in Blättern oder hufeisenförmig zusammengerollten Ringeln in den Handel bringt. Bei längerem Kochen erhält man daraus eine farb- und geruchlose Leimlösung, die vielfach als Klebmittel, oder auf Taffet gestrichen als englisches Pflaster, oder aber, mit Fruchtsäften und Zucker vermengt, zur Bereitung von Gelées gebraucht wird. Statt der Hausenblase wird nicht selten auch feingeraspeltes Hirschgeweih zu gleichem Zwecke benutzt (Hirschhorngelée).

Kleine Quantitäten von Leim kommen auch in der Fleischbrühe und Bratenbrühe vor und ertheilen denselben, namentlich der letzteren, die Eigenschaft, in der Kälte zu einer zitternden Gallerte zu gestehen.

Gewöhnlicher Leim. 648. Gewöhnlicher Leim oder Knochenleim (Glutin). Der gewöhnliche, glasartig-amorphe Tischlerleim wird meistens aus Hautabfällen oder Knochen durch Ausziehen mit heißem Wasser, oder besser mit gespannten Wasserdämpfen, bereitet. Die concentrirte und durch Absetzen geklärte heiße Auflösung giebt beim Erkalten eine steife Gallerte (gelée), die durch Drähte in dünne Scheiben zerschnitten und auf Bindfädengeflechten getrocknet wird, wodurch sie das bekannte geriefte Ansehen erhält.

Leim und Wasser. Versuch. Läßt man Leim in kaltem Wasser liegen, so schwillt er zu einer undurchsichtigen, weichen Masse auf; erwärmt man ihn

dann, so bekommt man eine vollständige, durchsichtige Lösung, die, selbst 100fach verdünnt, beim Erkalten noch gerinnt. Die Anwendung des Leims als Klebmittel ist bekannt genug; seine Bindekraft wird sehr vermehrt, wenn man ihm Bleiweiß (russischer Leim) oder Borax (auf 1 Pfund ungefähr 2 — 3 Loth) zusetzt. Leim und Wasser.

**Versuch.** Gießt man zu Leimwasser oder Fleischbrühe eine Flüssigkeit, welche Gerbsäure (Gerbstoff) enthält, so entsteht ein flockiger Niederschlag, eine Verbindung des Leims mit der Gerbsäure, der sich bald in eine dicke, zähe, klebrige Masse umwandelt. Diese ist in Wasser unlöslich und kann feucht an der Luft liegen bleiben, ohne in Fäulniß überzugehen. In derselben Weise wirkt die Gerbsäure auch bei der Lohgerberei auf die Leimsubstanz der Haut (650.). Der Leim eignet sich aus diesem Grunde vortrefflich dazu, um Flüssigkeiten, z. B. Weine, Farbebrühen 2c. von einem etwaigen Gehalte an Gerbsäure zu befreien. Leimlösung ist demnach auch ein Reagens auf Gerbsäure und kann, am besten nach der Titrirmethode, zur quantitativen Bestimmung des Gerbsäuregehaltes der Baumrinden benutzt werden. Leim und Gerbsäure.

Wird Leim längere Zeit mit Kalilauge gekocht, so bildet sich aus ihm, nebst einigen anderen Zersetzungsproducten, ein in Nadeln krystallisirbarer, eigenthümlicher Körper von sehr süßem Geschmack, der den Namen Leimzucker oder Glycin erhalten hat und sich wie eine organische Basis verhält. Leimzucker.

Der Leim geht, wie die anderen Thierstoffe, bei Gegenwart von Wasser und Luft überaus leicht in Fäulniß und Verwesung über und giebt dabei, da er sehr reich an Stickstoff ist (18 Proc.), viel Ammoniak; es kann daher nicht befremden, daß er das Wachsthum der Pflanzen auf's kräftigste befördert. Auf eine wahrhaft überraschende Weise kann man seine Wirkung an einer Hyacinthe wahrnehmen, wenn man diese zuweilen mit dünnem Leimwasser begießt oder aber, wenn man die Zwiebel derselben beim Einsetzen in die Erde mit einigen Hornspähnen umwickelt. Die treibende Kraft des Knochenmehls ist gleichfalls in dessen Leimgehalte zu suchen. Dieselbe Veränderung in Ammoniak 2c. erfährt der Leim durch die trockne Leim als Düngemittel.

Destillation und deshalb benutzt man leimhaltige Substanzen, voraus Knochen, am häufigsten zur fabrikmäßigen Darstellung von Salmiak und anderen Ammoniaksalzen (228.).

Chondrinleim.

649. Chondrin oder Knorpelleim. Etwas abweichend von dem gewöhnlichen Leim ist die Leimart, welche man aus jungen, noch nicht völlig erhärteten Knochen und aus den knorpeligen, nicht verknöchernden Theilen des Thierkörpers, z. B. aus dem Knorpel der Luftröhre, der Nase, der Ohren 2c., durch langes Kochen mit Wasser gewinnt. Man hat diesem Leim den besonderen Namen Chondrin gegeben. Er enthält nur 14 Proc. Stickstoff und wird auch durch Essig, Alaun und Eisenvitriol aus seinen Lösungen niedergeschlagen was mit dem gewöhnlichen Leim nicht der Fall ist. Gegen Wasser, Gerbsäure 2c. verhält er sich wie dieser.

Verwandlung der Haut in Leder.

650. Verwandlung der Haut in Leder. Von besonderer Wichtigkeit ist die oben angegebene Einwirkung der Gerbsäure auf den Leim dadurch geworden, daß man die erstere anwenden kann, um thierische Häute in Leder umzuwandeln. Die Leimsubstanz der Häute wird nämlich auf dieselbe Weise wie der Leim verändert, wenn man die Häute schichtenweise mit zerkleinerter Eichen- oder Fichtenrinde (Lohe) in Gruben einpackt und mit Wasser angefeuchtet so lange liegen läßt, bis sie sich ganz mit dem braunen Gerbstoff der Baumrinden durchzogen haben (Lohgerberei). Rascher erfolgt diese Durchdringung durch Einpressen von gerbstoffhaltigen Flüssigkeiten in die Häute (Schnellgerberei). Das braune Sohlen- und Oberleder besteht demnach aus Zellgewebe, dessen Leimsubstanz sich innig mit Gerbsäure verbunden hat; es ist nun, namentlich dann, wenn es noch mit Oel oder Fett getränkt wurde, biegsam, geschmeidig und schwer durchdringlich für Wasser; auch geht es im feuchten Zustande nicht mehr in Fäulniß über.

Leder, lohgahres.

Leder, weißgahres.

Auf eine andere Weise verwandelt man Häute in Leder durch den Einfluß gewisser Salze, am häufigsten durch Einlegen in eine Lösung von Alaun und Kochsalz, und nachheriges Durcharbeiten (Walken) mit Fischthran und anderen Fetten; das auf diese Weise dargestellte Leder

ist weiß von Farbe und weicher und geschmeidiger als das vorige (Weißgerberei). Noch weicheres, sogenanntes Wasch- oder Sämischleder erhält man, ohne Anwendung von Lohe oder Alaun, durch bloßes anhaltendes Walken der Häute mit Fetten. So verwandeln auch die Indianer Thierfelle in weiches Leder, indem sie dieselben mit dem in heißem Wasser aufgeweichten Gehirn von Thieren so lange durchkneten, bis sich das in diesem enthaltene Fett in die Felle eingezogen hat. Leder, weißgahres.

Spannt man die aufgeweichten und reingeschabten Thierhäute in Rahmen aus und reibt sie während des Trocknens mit Bimsstein, bis sie ganz eben geworden sind, so erhält man daraus das dünne durchscheinende, steife und elastische Pergament (sogenanntes Schweinsleder). Durch Einreiben von Kreide wird dasselbe weiß und undurchsichtig, durch Anstreichen mit Bleiweiß und Firniß glänzend und glatt (Schreibepergament). Pergament.

Bevor die Thierhäute der einen oder anderen der hier angegebenen Operationen unterworfen werden können, müssen sie von den Haaren befreit werden. Dies geschieht auf eine einfache Weise durch Abschaben, nachdem die Oberfläche der Haut entweder durch den Einfluß von feuchter Wärme oder von Aetzkalk in Zersetzung übergegangen ist. Auch Schwefelcalcium kann hiezu gebraucht werden (405.). Enthaaren der Häute.

## Hornartige Gewebe.

651. Die Haare, die Wolle, die Borsten und Federn, das Fischbein und Schildpatt, die Klauen, Hufe, Nägel, Hörner, Schuppen 2c., die bei vielen Thiergattungen entweder als Fortsetzungen der Haut oder als Bedeckungen derselben vorkommen, bestehen ihrer Hauptmasse nach aus derselben Substanz, welche die Hornschicht der Haut bildet (646.). Diese Substanz kommt darin mit den Proteinstoffen und der Leimsubstanz überein, daß sie so reich an Stickstoff ist wie diese (14—16 Proc.) und zugleich namhafte Mengen von Schwefel enthält (1—5 Proc.). Diesem reichen Schwefelgehalte ist es zuzuschreiben, daß Haare, Borsten, Federn 2c. durch Hornsubstanz.

Hornsubstanz. Erwärmen mit einer Bleiauflösung geschwärzt werden, indem sich eine Schicht von dunklem Schwefelblei bildet. In ihrem chemischen Verhalten steht die Hornsubstanz den coagulirten Proteinstoffen am nächsten; sie ist in den gewöhnlichen Lösungsmitteln unlöslich, löslich aber, unter Bildung von Ammoniak und Schwefelkalium, in ätzender Kalilauge. Durch langes Kochen mit verdünnter Schwefelsäure entsteht unter anderen Producten daraus, wie aus dem Eiweiß, ein krystallisirbarer Körper (Tyrosin). Die als Abfälle vorkommenden Hornsubstanzen bilden das wichtigste Material zur Bereitung von Stickstoffverbindungen, namentlich von Ammoniak, Cyan und Salpetersäure, daher ihre Verwendung in den Salmiak- und Blutlaugensalzfabriken und in den Salpeterplantagen. Ebenso werden dieselben als überaus kräftig treibende Düngemittel sehr geschätzt (Hornspähne, Schlichtspähne der Gerber, wollene Lumpen der Papierfabriken, Scheerstaub der Tuchfabriken 2c.).

Chitin. Die horn- oder pergamentähnliche Masse, aus welcher die Flügeldecken und Panzer der Käfer und aller anderen Insecten bestehen, hat den Namen Chitin erhalten und ist in ihren Eigenschaften ganz verschieden von der Hornsubstanz (sie löst sich selbst in der stärksten Aetzlauge nicht auf 2c.), ebenso auch in ihrer Zusammensetzung (sie enthält nur halb so viel Stickstoff 2c.).

Wolle. 652. **Wolle und Seide.** Die Wolle besteht aus hohlen, gelblichen, mit Fett (Wollschweiß) überzogenen Röhrchen, die mit feinen, schuppigen Ansätzen umgeben sind. Die Figur 234 stellt das feine Wollhaar eines Merinoschafes, Figur 233 aber das gröbere eines ordinären Landschafes unter gleicher Vergrößerung dar. Die Figur 235 giebt das vergrößerte Bild eines feinen Seidenfadens; dieser ist glatt, rund und ohne Höhlung. Hie und da hängt demselben jedoch eine eiweißähnliche Substanz an, die ihn unegal macht. Vergleicht man diese Haare mit den in Fig. 182 und 183 abgebildeten Fasern des Flachses und der Baumwolle, so gewahrt man leicht, daß sich diese Gespinnstfasern durch das Mikroskop sehr genau von einander unterscheiden lassen. Die stickstoffreiche Wolle hat auch noch

das Charakteristische, daß sie durch Salpetersäure gelb gefärbt wird, was mit der Leinen- und Baumwollenfaser nicht der Fall ist. Die gleichfalls stickstoffreiche Seide verhält sich in dieser Beziehung der Wolle gleich. Soll die Wolle versponnen, verwebt und gefärbt werden, so muß ihr zuerst ihr Fett entzogen werden; dies geschieht in den Wollspinnereien entweder durch Waschen mit gefaultem, kohlensaures Ammoniak enthaltendem Urin oder mit einer schwachen Seifen- oder Sodalösung. Aetzlauge darf natürlich hiezu, wie zu wollenen Waaren überhaupt, nicht angewendet werden, da sie, wie oben angegeben, dieselbe auflösen würde. Die gelbliche Farbe der Wolle und Seide läßt sich durch Schwefeln, d. h. durch Behandlung mit schwefliger Säure, in eine weiße umwandeln (Chlor ist zum Bleichen von beiden nicht anwendbar). Zu Farbstoffen hat die Wollen- und Seidenfaser eine viel größere Affinität, als die vegetabilische Faser des Leinens oder der Baumwolle, und darin liegt der Grund, weshalb wollene und seidene Stoffe sich ungleich leichter und ächter (dauerhafter) färben lassen, als baumwollene und leinene. Wolle und Seide.

Fig. 233.




Fig. 234.




Fig. 235.




## VII. Die Knochen.

653. Die das feste Gerippe des Thierkörpers bildenden Knochen bestehen der Hauptsache nach zu $1/3$ aus organischer Leimsubstanz (und Knochen.

Knochen. Fett), zu $^2/_3$ aber aus unorganischer Substanz (Knochenerde), und unterscheiden sich demnach von allen übrigen Organen des Thierkörpers durch die in ihnen vorwaltenden mineralischen, hauptsächlich aus Kalk und Phosphorsäure bestehenden Stoffe. Diese beiden Hauptbestandtheile, Leimsubstanz und Knochenerde, sind in den Knochen auf's Innigste mit einander zu einer gleichmäßigen, amorphen Masse, der eigentlichen Knochensubstanz, vereinigt, in welcher man unter dem Vergrößerungsglase Höhlungen und fett- und gefäßhaltige Markröhrchen (sogenannte Poren) wahrnimmt. Bei den jungen noch weichen und knorpelartigen Knochen sind diese Höhlen,

Fig. 236.

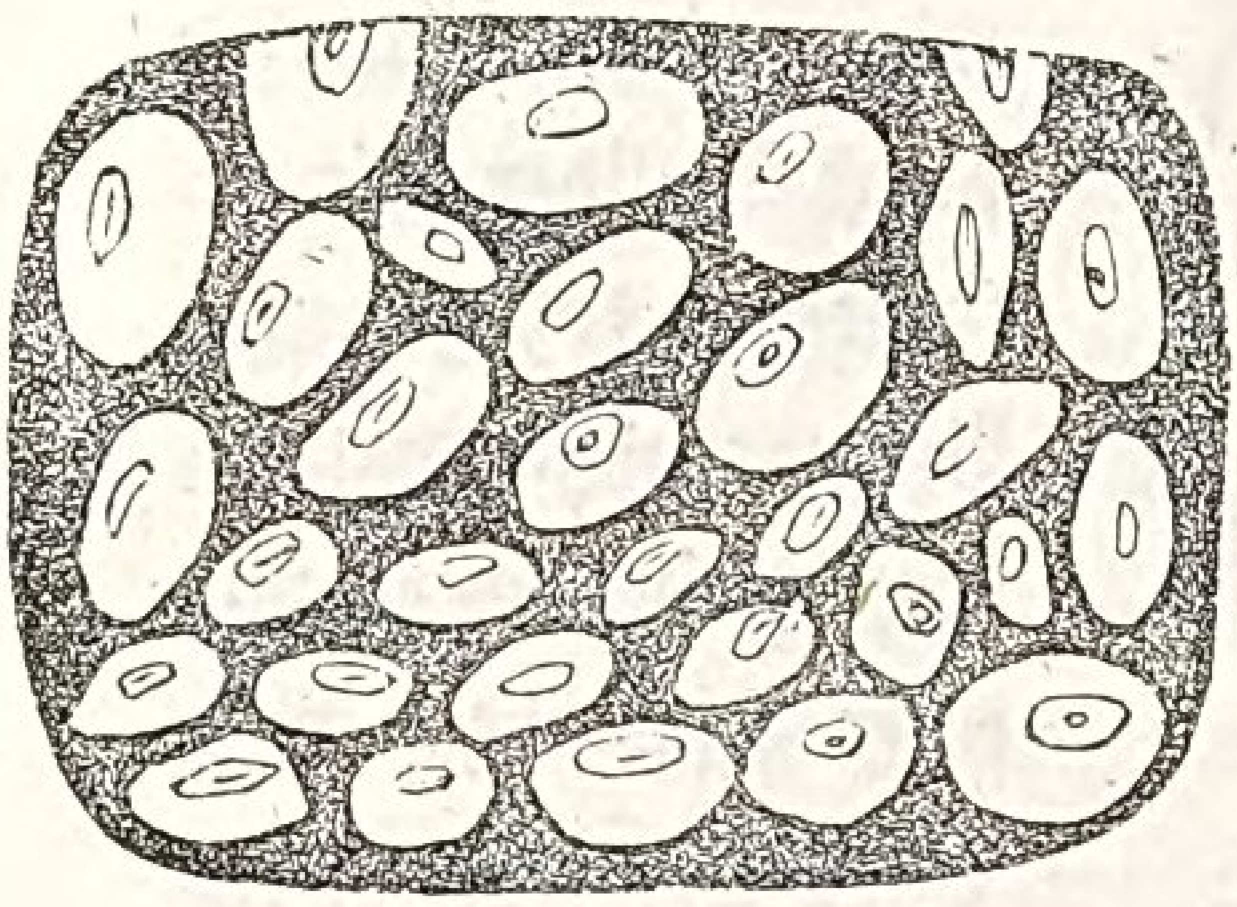
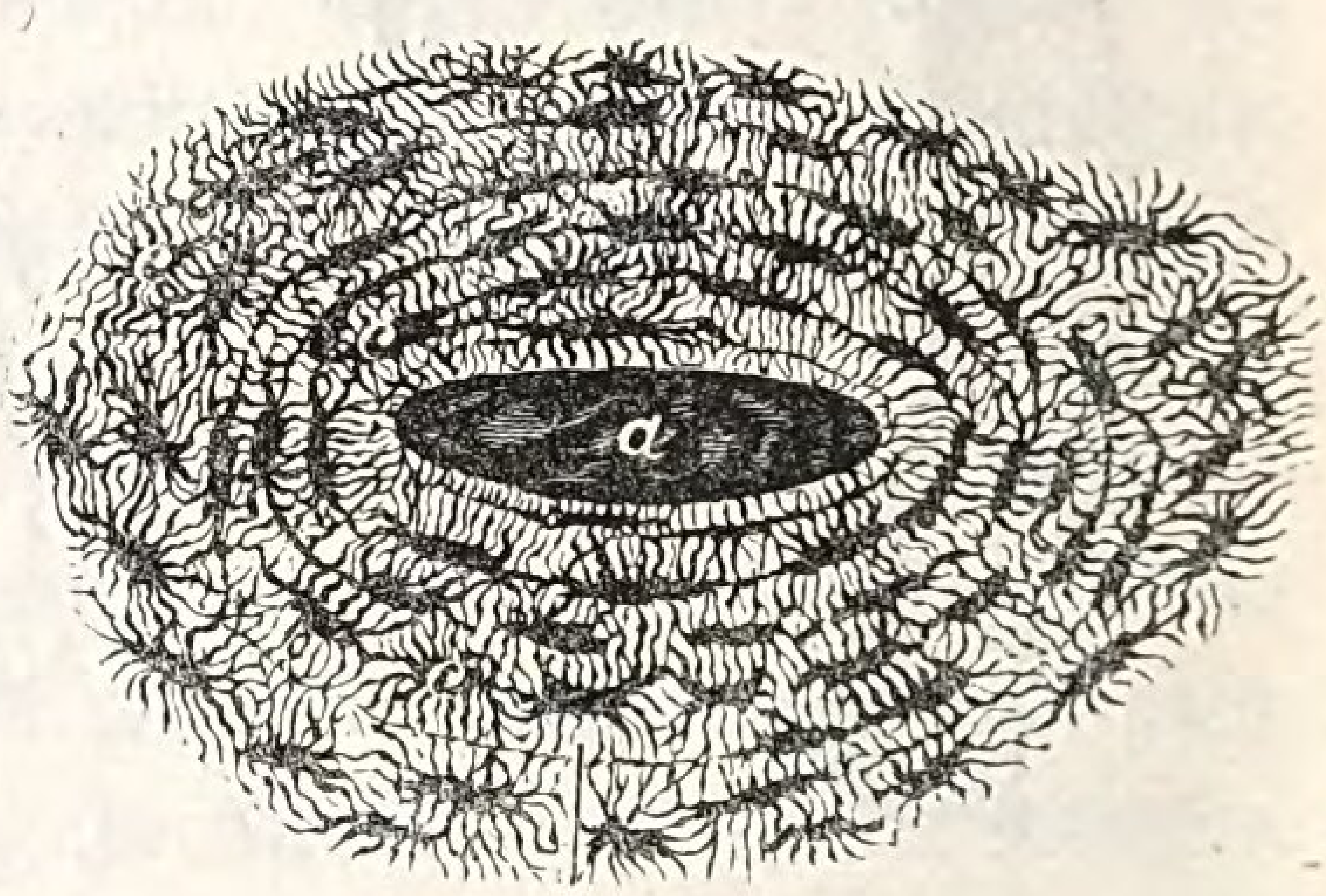


Fig. 237.




wie Fig. 236 zeigt, weit größer als bei den erhärteten Knochen (Fig. 237.), welche eine weit dichtere Beschaffenheit haben, da diese Höhlen mit ihren feinen, linienartigen Ausläufern hier durch Anhäufung von Knochensubstanz fast ganz geschlossen sind.

Hirschhorn. Dieselben Bestandtheile finden sich, und zwar auch annähernd in demselben Mengenverhältnisse, in dem Geweihe der Hirsche, dem sogenannten Hirschhorn. In fein geraspeltem Zustande läßt dieses sich deshalb dazu benutzen, um durch anhaltendes Kochen mit Wasser, wobei die Leimsubstanz in Leim übergeht, eine in der Kälte gerinnende Flüssigkeit daraus zu gewinnen. Das bis zur Zersetzung des Leims verbrannte Hirschhorn besteht, wie die Knochenerde, vorwaltend aus phosphorsaurem Kalk.

Auch die Zähne und das Elfenbein haben eine gleiche Zusammensetzung, nur steigt in ihnen der Gehalt an Knochenerde bis über 70 Proc. und in dem Zahnschmelz sogar bis zu 98 Proc. Zähne.

Ganz anders ist die Zusammensetzung der steinartigen Gebilde, welche die niederen Thierklassen zwar nicht in ihrem Körper, sondern um diesen herum als schützende Hülle sich erzeugen, als z. B. Muschel- und Austerschalen, Korallen ꝛc. Diese bestehen nämlich, wie die Schalen der Eier (624.) nur aus kohlensaurem Kalk und einer geringen Menge von organischer Materie. Phosphorsäure ist in diesen Gebilden entweder gar nicht oder nur in höchst geringer Menge zugegen. Muschelschalen.

654. Knochenerde. Versuch. Man lege einen gewogenen Rindsknochen in ein Ofenfeuer und nehme ihn erst dann wieder heraus, wenn er seine weiße Farbe völlig wieder erhalten hat: die Leimsubstanz verbrennt, die Knochenerde dagegen bleibt zurück. Der um etwa $\frac{1}{3}$ leichter gewordene, weißgebrannte Knochen besteht hauptsächlich aus phosphorsaurer Kalkerde, gemengt mit etwas ($\frac{1}{10}$) kohlensaurer Kalkerde und kleinen Mengen von Talkerde, Fluorcalcium und Chlornatrium. Dieses Verhältniß zwischen Leimsubstanz und Knochenerde ist jedoch kein unveränderliches, es wechselt bei verschiedenen Thieren, ja selbst bei einem und demselben Thiere nach dem Alter derselben. Verbrennung der Knochen.

655. Knochenkohle. Versuch. Erhitzt man einen Knochen einige Stunden in einem Töpfchen (oder Schmelztiegel), welches mit einem Dachziegelstücke gut zugedeckt wird, so nimmt er eine schwarze Farbe an: er wird zu Knochenkohle (schwarzgebrannte Knochen, gebranntes Elfenbein ꝛc.). Da die Luft in diesem Falle nicht zu dem Knochen treten kann, so entsteht nur eine unvollständige Verbrennung, eine Verkohlung der Leimsubstanz, und die Knochenerde bleibt, innig gemengt mit der gebildeten Kohle, zurück, während die aus dem Leim erzeugten brenzlichen, ammoniakreichen Gase und Dämpfe entweichen (228.). Bei der Darstellung der Knochenkohle im Großen ist Verkohlung der Knochen.

es vortheilhaft, diese zu verdichten und zu sammeln, um als Nebenproduct Ammoniaksalze daraus darzustellen.

Knochenkohle u. Salzsäure. Versuch. Wird die Knochenkohle mit verdünnter Salzsäure übergossen und einige Zeit an einen warmen Ort gestellt, so löst sich die Knochenerde auf und die Kohle kann abfiltrirt, ausgewaschen und getrocknet werden. Man erhält von 2 Loth Knochenkohle nur 1/2 bis 3/4 Quentchen reine Kohle; diese besitzt aber, ihrer außerordentlich feinen Zertheilung wegen, eine so auffallend entfärbende Kraft, daß durch sie die 2 Loth Knochenkohle ungleich kräftiger wirken, als eine gleiche Menge Holzkohle. Versetzt man die abfiltrirte Flüssigkeit mit Ammoniak so fällt der aufgelöste phosphorsaure Kalk als ein weißes Pulver daraus wieder nieder, weil die Salzsäure durch das Ammoniak neutralisirt wird und damit die Fähigkeit verliert, die Knochenerde aufgelöst zu erhalten. Der zweite Bestandtheil der Knochenerde, der kohlensaure Kalk, der sich bei der Behandlung der Knochenkohle mit Salzsäure in salzsauren Kalk (Chlorcalcium) umwandelt, wird durch Ammoniak nicht niedergeschlagen, wohl aber durch Zusatz von Oxalsäure zu der von dem phosphorsauren Kalk abfiltrirten Flüssigkeit (197.).

Knochen und Salzsäure. 656. **Knorpel oder Leimsubstanz der Knochen.** Versuch. Man lege einen Knochen in ein Glas und übergieße ihn mit verdünnter Salzsäure: der Knochen wird nach und nach weich und durchscheinend werden und endlich in eine knorpelige, durchscheinende Masse übergehen. Wie die Salzsäure wirkt, ist aus dem vorigen Versuche zu ersehen: sie löst die Knochenerde auf und die Leimsubstanz bleibt übrig, da sie in Salzsäure wie in Wasser unlöslich ist. Nimmt man die letztere aus der Säure heraus und kocht sie, nach vorherigem Auswässern, einige Zeit mit Wasser, so geht sie in Leim über, und man erhält eine Lösung, die beim Erkalten gerinnt. Diese Methode wird in manchen Fabriken angewendet, um Leim aus Knochen zu bereiten. Die saure Knochenerdelösung wirkt durch ihren Phosphorsäuregehalt als ein kräftiges Düngemittel. Daß in ihr die

Knochenerde wirklich gelöst ist, erkennt man leicht durch Zusatz von Ammoniak (655.).

657. **Versuch.** 3 Loth feines Knochenmehl, 1 Loth englische Schwefelsäure und 1 Loth Wasser werden zusammengemengt und mehre Tage unter öfterem Umrühren an einen warmen Ort gestellt. Die Masse wird nach und nach zu einem dicken Brei aufquellen und endlich zu einem krümlichen Pulver eintrocknen. Die Schwefelsäure wirkt hier, wie bei der Bereitung der Phosphorsäure aus gebrannten Knochen angegeben (176.), sie zerlegt den phosphorsauren Kalk theilweise in schwefelsauren Kalk oder Gyps, der das Dickwerden der Masse hervorbringt, und in sauren phosphorsauren (überphosphorsauren) Kalk, der leicht löslich ist. Die Leimsubstanz der Knochen wird hiebei bloßgelegt und kann nun bei Gegenwart von Feuchtigkeit leicht in Fäulniß übergehen. Diese Aufschließung der Knochen wird jetzt vortheilhaft benutzt, um letztere in ein schnell wirkendes Düngemittel zu verwandeln. Knochen und Schwefelsäure.

658. Beim Auskochen der Knochen mit Wasser löst sich außer dem Fette, das in allen Knochen vorhanden ist, nur die in den äußeren Theilen liegende Leimsubstanz auf; vollständig wird diese ausgezogen, wenn man das Auskochen in verschlossenen Gefäßen vornimmt, da das Wasser in diesem Falle durch den höheren Druck bis in's Innere der Knochen getrieben wird. Ebenso wirkt Dampf von höherer Spannung. Nach beiden Methoden stellt man Leim im Großen dar. Läßt man die Einwirkung des gespannten Wasserdampfes nur kurze Zeit andauern, so wird vorzugsweise nur das Fett der Knochen ausgezogen, welches sich gut zur Seifenbereitung eignet. Die entfetteten Knochen sind erst weich und biegsam, werden aber nach dem Austrocknen so spröde und zerreiblich, daß sie sich zwischen eisernen Walzen leicht zu einem ganz feinen Pulver zermahlen lassen, während die rohen, nicht entfetteten Knochen hiebei schmierig und klebrig werden. Solches gedämpftes Knochenmehl wird jetzt vielfach zur Düngung verwendet. Knochen und Wasser.

Knochenmehl. 659. **Knochenmehl.** Die zu einem gröblichen Pulver zerstampften Knochen stellen das als Düngemittel vielfach benutzte gewöhnliche Knochenmehl des Handels dar. Kommt dasselbe in gehörig zerkleinertem Zustande in die Erde, so geht es in Fäulniß über und es erzeugt sich aus seiner Leimsubstanz das das Wachsthum der Stengel und Blätter auf's Mächtigste beschleunigende Ammoniak, während gleichzeitig auch der phosphorsaure Kalk in Lösung übergeht, der insbesondere auf die Entwickelung der Samen günstig einwirkt, da diese eine beträchtliche Menge davon zu ihrer Ausbildung nöthig haben. Ist das Knochenmehl zu grob, so erfolgt seine Zersetzung und Lösung im Erdboden zu langsam und es entwickelt seine düngende Wirkung erst im zweiten oder dritten Jahre, oder noch später. In ganzen Stücken können die Knochen Jahrhunderte, ja Jahrtausende in der Erde liegen, ohne daß sie ihren Leimgehalt völlig verlieren, wie die fossilen Knochen zeigen, die häufig noch 10—15 Proc. Leimsubstanz enthalten. Durch sehr feines Pulvern, sowie durch die in den vorigen zwei Nummern beschriebene Behandlung der Knochen mit gespannten Wasserdämpfen oder mit Schwefelsäure werden dieselben vortheilhaft so verändert, daß sie ihre düngende Wirkung schneller zu entwickeln vermögen.

An manchen Orten wendet man auch die gebrannten Knochen und die Abfälle der Knochenkohle (Zuckerkohle) als Düngemittel an. Bei diesen fällt natürlich die dem Leim zukommende, erste (treibende) Wirkung weg, und der Landwirth, der sie benutzt, wird demnach wohlthun, sie in Verbindung mit anderen stickstoffreichen Substanzen, z. B. mit Urin, Guano, Rapsmehl, Ammoniaksalzen oder salpetersauren Salzen, anzuwenden.

## VIII. Die festen Excremente und der Urin.

Excremente. 660. Was von den Bestandtheilen der genossenen Nahrungsmittel nicht verwendbar ist zur Ernährung, d. h. zur Umwandlung in Bestandtheile des Thierkörpers, und was von den letzteren bei dem nie stillestehenden Erneuerungsprocesse, den wir Leben nennen, als

nicht mehr brauchbar für den Lebensproceß ausgeschieden wird, das wird entweder in Luftform durch Athmen oder Ausdünsten, oder in flüssiger Gestalt, als Urin, oder endlich in fester, in der Gestalt von festen Excrementen, wieder aus dem Körper entfernt. Die beiden zuletzt genannten Substanzen haben für die Medicin und Oekonomie eine sehr wichtige Bedeutung erlangt: für die Medicin, weil der Arzt in Krankheitsfällen aus ihrer Beschaffenheit oft die Natur einer Krankheit zu erkennen vermag; für die Oekonomie, weil sie der Landwirth als die kräftigsten Beförderungsmittel des Pflanzenwachsthums benutzt. Es ist einleuchtend, daß dieselben nach der Art, Güte und Menge der genossenen Nahrungsmittel außerordentlich wechseln müssen. Mit reichlichem und kräftigem Futter (Körner ꝛc.) ernährte Thiere können leicht in ihren Abfällen doppelt so viel und doppelt so wirksamen Dünger liefern als kärglich und mit nahrungsarmen Futtermitteln (Stroh ꝛc.) gefütterte Thiere. Excremente.

661. Die festen Excremente (Faeces) bestehen zum größten Theile aus denjenigen Bestandtheilen der Nahrungsmittel, die in dem Magen nicht aufgelöst, nicht verdaut wurden; bei den Menschen aus Speiseüberbleibseln, Schleim, Gallenbestandtheilen, Fett, extractähnlichen Materien, phosphorsauren Erden und etwa 75 Proc. Wasser; bei den pflanzenfressenden Thieren hauptsächlich aus Pflanzenfaser, Blattgrün, Wachs, Schleim und unlöslichen Salzen, vorzugsweise phosphorsauren Erden, Kieselerde ꝛc.; bei den fleischfressenden Thieren, z. B. dem Hunde, oft fast ganz aus unorganischen Stoffen, als phosphorsaurer Kalkerde, Talkerde ꝛc., nur mit einer sehr geringen Menge organischer Materie gemengt. Ihr wohlthätiger Einfluß auf die Vegetation gründet sich hauptsächlich auf die in ihnen enthaltenen unorganischen Verbindungen, namentlich auf ihren reichen Gehalt an phosphorsaurer Kalk- und Talkerde; nächstdem auf ihren Gehalt an Stickstoffverbindungen, welche bei der Fäulniß sich, aber langsam, in Ammoniakverbindungen umwandeln. Feste Excremente.

662. Durch den Urin, welcher in den Nieren aus dem Arterienblute ausgeschieden wird, werden die in den genossenen Nahrungs- Flüssige Excremente.

Flüssige Excremente. mitteln enthaltenen löslichen Salze, sowie die während des Lebensprocesses gebildeten, zu diesem aber nicht mehr nöthigen Stickstoffverbindungen wieder aus dem Körper fortgeführt. Wie schon oben erwähnt, ist die Menge dieser Bestandtheile, ebenso beim Urin wie bei den Fäces, von der Art und Menge der Nahrung abhängig und nach dieser verschieden. Ist diese reich an löslichen Salzen und an Stickstoff, so wird auch der Urin reich daran sein; enthält diese nur wenig lösliche, dagegen viel unlösliche Salze, so wird der Urin arm an löslichen Salzen sein, während die Fäces reich an unlöslichen sind. Es läßt sich hienach der Gehalt der thierischen Excremente oder Düngerarten, insbesondere der an unorganischen Stoffen, ebenso genau als aus dies n selbst, aus der Nahrung, die das Thier erhält, ermitteln. Man braucht diese nur zu verbrennen und die zurückbleibende Asche zu untersuchen; was davon in Wasser löslich ist, entspricht den Salzen im Urin; was sich nicht auflöst, den unorganischen Stoffen der Fäces. In dem alkalisch reagirenden Urin der Kühe und Pferde treffen wir hauptsächlich kohlensaure, salzsaure und schwefelsaure Alkalien (Kali, Natron und Ammoniak), in dem sauer reagirenden Urin der Menschen außerdem noch phosphorsaure Alkalien, hauptsächlich saures phosphorsaures Natron, an. In Krankheitsfällen erfahren die Bestandtheile des Urins vielfältige Aenderungen. So wird der Menschenurin zuweilen neutral, ja selbst alkalisch; so enthält er in manchen Krankheiten Eiweiß, in anderen Gallenbestandtheile, in noch anderen Traubenzucker; so setzen sich in noch anderen Fällen schwerlösliche, salzige oder erdige Stoffe als Schlamm, Gries oder Harnstein aus ihm ab, die meist aus Harnsäure mit harnsaurem Ammoniak oder aus phosphorsaurer Ammoniaktalkerde (251.) oder oxalsaurer Kalkerde (197.) bestehen 2c.

Stickstoff des Urins. 663. Der Stickstoff ist in dem Urin entweder in der Form von Harnstoff, oder von Harnsäure, oder von Hippursäure enthalten. Nächstdem enthält der Urin aber auch Kreatin und Kreatinin, wie die Fleischflüssigkeit (640.), Blasenschleim und andere noch nicht genau gekannte organische Materien.

Der Harnstoff findet sich in der reichlichsten Menge in dem Urin der Menschen und der höheren Thierklassen, insbesondere in dem der fleischfressenden vierfüßigen Thiere. Concentrirt man denselben durch Abdampfen und vermischt man ihn nachher mit Salpetersäure, so scheidet sich der Harnstoff in Verbindung mit der Säure, als salpetersaurer Harnstoff, in feinen Krystallschuppen aus. Der reine Harnstoff krystallisirt in farblosen Nadeln oder Säulen und ist im Wasser leicht löslich. Dieser Körper hat in wissenschaftlicher Beziehung großes Interesse erregt, weil er die erste organische Verbindung war, welche man künstlich nachzubilden vermochte. Man fand nämlich, daß cyansaures Ammoniak, ohne daß etwas von seinen Bestandtheilen wegging, oder etwas hinzutrat, sich durch bloßes Erhitzen in Harnstoff umwandelte. Harnstoff.

Aus Cyansäure = Kohlenstoff, Sauerstoff, Stickstoff,
und Ammoniak = Stickstoff, Wasserstoff,
entsteht . . . . . . Harnstoff.

In praktischer Beziehung ist diejenige Zersetzung, welche der Harnstoff im Urin erleidet, wenn dieser bei längerem Stehen an der Luft fault, von großer Wichtigkeit. Hiebei verbindet derselbe sich mit den Bestandtheilen von 2 Atomen Wasser und wird dadurch zu kohlensaurem Ammoniak; aus

Harnstoff = Kohlenstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Wasserstoff,
und Wasser = Sauerstoff, Wasserstoff,
entsteht . . . . Kohlensäure und Ammoniak;

oder genauer:

aus 1 At. Harnstoff = $C_2\ O_2\ N_2\ H_4$
und 2 » Wasser = $O_2\ H_2$

werden 2 At. Kohlensäure und
2 At. Ammoniak . = $2CO_2 + 2NH_3$.

664. Die Harnsäure herrscht insbesondere in dem Urin der niederen Thierklassen vor. Die weißen Excremente der Vögel und Schlangen (ein Gemenge von Fäces und Urin) bestehen zum größten Harnsäure.

Harnsäure. Theile aus harnsaurem Ammoniak. Kocht man diese mit schwacher Kalilauge, so entsteht harnsaures Kali, welches sich auflöst; gießt man die heiße Lösung in verdünnte heiße Schwefelsäure, so nimmt die letztere das Kali an sich und die Harnsäure scheidet sich, da sie in Wasser äußerst schwer löslich ist, in Gestalt eines leichten Pulvers aus, das in vollkommen gereinigtem Zustande aus weißen, feinen Krystallschuppen besteht. Wegen dieser Schwerlöslichkeit sondert sich die Harnsäure zuweilen von selbst aus dem Urin aus (Gries und Harnsteine). Aus der Harnsäure lassen sich durch chemische Umwandlung viele sehr merkwürdige Producte darstellen, von denen hier nur einige dem Namen nach angeführt werden mögen, nämlich: Alloxan, Alloxansäure, Parabansäure, Oxalursäure, Alloxantin, Uramil, Murexid, Murexan u. a. m. Läßt man Excremente, welche reich an Harnsäure sind, längere Zeit an der Luft liegen, so wandelt sich die letztere allmälig in oxalsaures Ammoniak um; hieraus erklärt es sich, warum man in manchen Guanosorten oft nur noch Spuren von Harnsäure, dafür aber große Mengen von Oxalsäure und Ammoniak antrifft.

Guano. 665. Der in neuerer Zeit als Düngemittel so außerordentlich in Aufnahme gekommene Guano (Vogeldünger) verdankt seine Wirksamkeit hauptsächlich der in ihm enthaltenen Harnsäure und den aus dieser erzeugten Ammoniaksalzen. Nächstdem ist derselbe aber auch sehr reich an phosphorsaurem Kalk, so daß er also den Pflanzen die zwei zu ihrem Wachsthum besonders nöthigen Nahrungsmittel: Stickstoff und Phosphorsäure, in leicht assimilirbarer Form in der reichlichsten Menge darbietet. Bei der großen Verschiedenheit desselben ist es für den Landwirth unerläßlich, ihn vor seiner Anwendung zu prüfen. Dies geschieht für landwirthschaftliche Zwecke hinlänglich genau auf folgende Weise:

Versuch a. Man übergieße etwas Guano mit starkem Essig: es darf dabei kein bemerkliches Brausen entstehen. Ein starkes Brausen würde auf eine Beimengung von kohlensaurem Kalk schließen lassen.

**Versuch** b. Man erhitze 1 Loth Guano in einem Blechlöffel über einer Weingeistlampe oder glühenden Kohlen so lange, bis er zu einer weißen oder graulichen Asche verbrannt ist; guter Guano darf nur 1 bis höchstens 1½ Quentchen Asche zurücklassen. Wie viel diese Asche alkalische Salze enthält, erfährt man durch Ausziehen derselben mit heißem Wasser; was zurückbleibt, sind erdige (phosphorsaure Kalk- und Talkerde) Salze. Die schlechten Guanosorten geben nach dem Verbrennen oft ¾ Asche: bei den mit Sand oder Lehm verfälschten Guanosorten hat die Asche eine braunrothe Farbe. Guano

**Versuch** c. 1 Loth zerriebener Guano wird mehre Male mit heißem Wasser übergossen und das Flüssige abgegossen, wenn es sich durch Absetzen geklärt hat; der zuletzt übrigbleibende Schlamm wird getrocknet und gewogen, er darf höchstens ½ Loth wiegen.

Unter dem Namen **Fischguano** kommen neuerdings getrocknete und gemahlene Fische und Fischabfälle im Handel vor, welche wegen ihres Reichthums an leicht zersetzbaren Stickstoffverbindungen und phosphorsauren Salzen ein höchst kräftiges Düngemittel darstellen. Fischguano.

666. **Hippursäure.** Diese stickstoffhaltige Säure findet sich in größter Menge in dem Urin der pflanzenfressenden Thiere; sie krystallisirt in langen, farblosen Nadeln und ist in Wasser schwer löslich. Man erhält sie aus dem Kuh- oder Pferdeurin, wenn man diesen durch Eindampfen concentrirt und mit Salzsäure versetzt; sie setzt sich dann beim Stehen als ein krystallinischer Bodensatz daraus ab. Beim Faulen des Urins verwandelt sie sich in Benzoësäure und Ammoniak. Hippursäure.

In dem **menschlichen Urin** sind die genannten stickstoffreichen Verbindungen: Harnstoff, Harnsäure und Hippursäure, alle drei zusammen enthalten, in größter Menge die erstere, der Harnstoff.

667. Wenn der **Urin** längere Zeit an der Luft stehen bleibt, so erleidet er eine Zersetzung, bei welcher sich übelriechende, flüchtige Stoffe bilden; er geht in **Fäulniß** über. Als das Hauptproduct dieser Zersetzung ist, wie sich schon aus dem Vorigen ergiebt, das **kohlensaure Ammoniak** anzusehen (außerdem enthält der gefaulte Urin auch Kreatinin). Der gefaulte Urin kann deshalb zum Reinigen Faulen des Urins.

Faulen des Urins. von fettiger Wolle, zur Bereitung von Salmiak (233.) 2c. angewendet werden. Dieselbe Veränderung tritt ein, wenn der Urin sich in den Düngerstätten ansammelt (Jauche), oder aber in dem Erdboden, wenn er auf diesen gegossen wird. Um das Verdampfen des flüchtigen kohlensauren Ammoniaks zu verhindern, ist es gut, in die Düngerstätten von Zeit zu Zeit Gyps, verdünnte Schwefelsäure oder Eisenvitriol zu bringen, wodurch schwefelsaures Ammoniak gebildet wird, welches bei gewöhnlicher Temperatur nicht verfliegt. Sehr vortheilhaft wirkt in dieser Beziehung auch ein Zusatz von kohlenreichen Stoffen, z. B. von Knochenkohle, erdiger Braunkohle, Torf, Moorerde 2c., weil die Kohle einmal die faulige Zersetzung verlangsamt, sodann aber auch die hiebei entstehenden Luftarten (Kohlensäure, Ammoniak, Schwefelwasserstoff 2c.) mechanisch zurückhält. Die unorganischen Salze des Urins werden bei der Fäulniß nicht wesentlich verändert. Der Landwirth hat in dem Urin seiner Haus- und Zuchtthiere ein äußerst schnell und äußerst kräftig wirkendes Düngemittel, dessen Werth er vielfach zu seinem großen Schaden noch nicht genug würdigt. Diese pflanzennährende Kraft des Urins ist insbesondere in dessen reichem Gehalt an löslichen Stickstoffverbindungen und Kalisalzen begründet.

## Rückblick auf die Thierstoffe.

1) Wie in der lebenden Pflanze, so herrscht auch in dem lebenden Thierkörper ein ewiges Bewegen, ein unaufhörliches Aufnehmen (Essen, Trinken und Athmen), Verändern (Verdauen, Assimiliren) und Ausscheiden (Secerniren, Excerniren) von luftförmigen, flüssigen und festen Stoffen.

2) In chemischer Hinsicht unterscheidet sich das Thierleben von dem Pflanzenleben hauptsächlich durch ein ununterbrochenes Einsaugen von Sauerstoff und Ausscheiden von Kohlensäure und Wasser. (Unter den Infusionsthierchen giebt es jedoch einige Arten, welche Sauerstoff ausathmen.) Während des Lebens der Pflanzen dagegen wird Kohlensäure und Wasser aufgenommen und Sauerstoff abgesondert.

3) Zur Ernährung des Thierkörpers dienen, außer Wasser, Luft und einigen Salzen, nur solche Stoffe, welche durch das Pflanzen- oder Thierleben erzeugt wurden. Die Pflanze verzehrt Kohlensäure, das Thier Pflanzenfaser, Zucker, Gummi, Fett ꝛc.; die Pflanze verzehrt Ammoniak, das Thier eiweißartige Stoffe, z. B. Kleber, Eiweiß, Casein, Fleisch, Blut ꝛc.

4) Die erste Reihe der genannten Nahrungsmittel, die der kohlenstoffreichen, dient zur Unterhaltung des Athmungs- oder Zerstörungsprocesses und zur Erzeugung der thierischen Wärme (Respirationsmittel); die zweite Reihe, die der stickstoffreichen Nahrungsmittel, dient zur Unterhaltung des Ernährungs- oder Bildungsprocesses (plastische Nahrungsmittel).

5) Die Thierstoffe können eingetheilt werden:

I. Nach ihrer Zusammensetzung:

a) in stickstofffreie (Fett, Milchzucker ꝛc.);
b) in stickstoffhaltige, eiweißartige Stoffe (Eiweiß, Casein, Fleisch, Fibrin ꝛc.);
c) in stickstoffhaltige, leimgebende Stoffe (Leimsubstanz der Knochen, Bänder, Zellen, Knorpel ꝛc.);
d) in stickstoffhaltige Excretionsstoffe (Harnstoff, Harnsäure, Hippursäure ꝛc.).

II. Nach ihrem Vorkommen und ihrer Erzeugung im Thierkörper:

a) in Producte des Verdauungsprocesses;
b) » » » Athmungsprocesses;
c) in Bestandtheile des rothen Blutes;
d) » » des weißen Blutes (Lymphe);
e) » » des Fleisches ꝛc.;
f) » » der Knochen ꝛc.;
g) » » der Haut, der Haare ꝛc.;
h) » » der Secretions- und Excretionsproducte (Galle, Milch, Urin ꝛc.)

6) Die Veränderungen der Thierstoffe durch den Einfluß der Wärme, des Wassers, der Luft, der Säuren, Basen rc. übertreffen an Mannichfaltigkeit die der Pflanzenstoffe, da sie noch zusammengesetzter sind als diese; sie kommen, der Hauptsache nach, mit denjenigen, welche die stickstoff- und schwefelhaltigen Pflanzenstoffe erfahren, überein.

7) Die von selbst eintretenden Veränderungen der Thier- und Pflanzenstoffe können aufgehalten werden:

a) durch Entfernung des Wassers (Trocknen, Darren, Backen rc.);

b) durch Abschluß der Luft (Appert's Conservationsmethode, Aufbewahrung von Bier, Wein rc. in verschlossenen Flaschen rc.);

c) durch Erniedrigung der Temperatur bis unter den Gefrierpunkt (Conservation in Eiskellern rc.);

d) durch Fäulniß hemmende Stoffe, z. B. Kochsalz, Salpeter (Einpöckeln, Einsalzen), Holzessig, Kreosot (Räuchern), Weingeist, Zucker, Kohle; durch Arsenik-, Quecksilber- und andere Metallverbindungen.

# Zusammenstellung

der wichtigsten Reactionserscheinungen, durch welche die bekannteren chemischen Verbindungen, hauptsächlich in ihren Lösungen, erkannt werden können.

---

### 1. Alkalien und deren Salze.

Diese werden weder durch kohlensaures Ammoniak noch durch Schwefelwasserstoff (HS) oder Schwefelwasserstoffammoniak ($NH_3$, HS) niedergeschlagen.

### 2. Kalisalze.

Weinsäure, überschüssig und in concentrirter Lösung angewendet, erzeugt, namentlich nach starkem Schütteln, einen weißen, krystallinischen Niederschlag (Weinstein §. 194);

Platinlösung einen gelben, krystallinischen Niederschlag (Kaliumplatinchlorid 394). Alkalische Lösungen sind vorher mit Salzsäure anzusäuern.

Durchs Löthrohr auf Platindraht erhitzt, färben Kalisalze die äußere Flamme violett.

### 3. Natronsalze.

Antimonsaures Kali giebt mit neutralen oder alkalischen Natronlösungen einen weißen Niederschlag (antimonsaures Natron 404).

Durchs Löthrohr auf Platindraht erhitzt, färben Natronsalze die äußere Flamme intensiv gelb.

### 4. Ammoniaksalze.

Aetzkalk oder Aetzkali macht daraus, besonders schnell beim Erwärmen, Ammoniak frei, das an seinem stechenden Geruche leicht

zu erkennen ist. Hält man ein mit Salzsäure angefeuchtetes Glasstäbchen über dieses Gemisch, so erzeugen sich weiße Nebel. Auf Platinblech erhitzt, verflüchtigen sich die Ammoniaksalze leicht (§. 229).
Platinlösung verhält sich wie gegen Kalisalze (392); ebenso auch Weinsäure.

## 5. Alkalische Erden.

Diese werden durch kohlensaures Ammoniak, theils sofort, theils erst beim Kochen, als kohlensaure Erden mit weißer Farbe niedergeschlagen; bei der Magnesia verhindern Ammoniaksalze die Entstehung dieses Niederschlages.
Durch phosphorsaures Natron werden phosphorsaure Erden, auch mit weißer Farbe, niedergeschlagen.
$HS$ und $NH_3, HS$ bewirken keine Fällung.

## 6. Baryt- und Strontiansalze.

Schwefelsäure und schwefelsaure Salze geben einen weißen, in Säuren unlöslichen Niederschlag (schwefelsaurer Baryt oder Strontian). Mit Weingeist brennen die Barytsalze gelb, die Strontiansalze roth (247).

## 7. Kalksalze.

Schwefelsäure bringt nur in concentrirten Kalklösungen einen Niederschlag hervor (Gyps), der sich in vielem Wasser wieder löst (241); in verdünnten Lösungen erscheint der Niederschlag erst auf Zusatz von starkem Weingeist.
Oxalsäure und Ammoniak zeigen noch Spuren von Kalk durch eine milchige Trübung an (oxalsaurer Kalk 197).

## 8. Magnesiasalze.

Schwefelsäure erzeugt keine Fällung oder Trübung (249).
Phosphorsaures Natron und Ammoniak erzeugen, bei verdünnten Lösungen erst spät, einen weißen, krystallinischen Niederschlag (phosphorsaure Ammoniak-Magnesia 251).

## 9. Thonerdesalze.

Diese werden durch Ammoniak, kohlensaures Ammoniak, wie auch durch $NH_3, HS$, und zwar allerseits als Thonerdehydrat gefällt. Kali, im Ueberschuß angewendet, löst das Thonerdehydrat auf, Salmiak schlägt es aus dieser Lösung wieder nieder (260); Kobaltauflösung färbt dasselbe beim Glühen blau (262).

## 10. Metallsalze.

Ammoniak schlägt aus den Lösungen derselben die Oxyde als Hydrate nieder; desgl. werden darin durch kohlensaures Ammoniak Niederschläge erzeugt (theils kohlensaure Oxyde, theils Oxydhydrate).

HS, zu der angesäuerten Lösung gesetzt, schlägt folgende Metalloxyde als Schwefelmetalle nieder:
a) schwarz: Blei, Wismuth, Kupfer, Silber, Quecksilber, Platin, Gold;
b) dunkelbraun: Zinn (Oxydul);
c) gelbroth: Antimon;
d) gelb: Zinn (Oxyd), Cadmium, Arsen; (gelblichweißer, leichter Schwefel wird abgeschieden, wenn Eisenoxyd- oder chromsaure Salze in der Lösung vorhanden sind).

Von diesen Schwefelmetallen sind in $NH_5$, HS löslich die von Platin, Gold, Zinn, Antimon, Arsenik.

$NH_3$,HS schlägt außer den vorgenannten Metallen auch noch folgende als Schwefelmetalle nieder, die aus der sauren Lösung durch Schwefelwasserstoff allein nicht gefällt werden:
a) schwarz: Eisen, Kobalt, Nickel;
b) fleischroth: Mangan;
c) weiß: Zink (außerdem noch Thonerde [weiß], Chromoxyd [bläulichgrün] als Hydrate, und phosphorsaure und oxalsaure Erden).

## 11. Eisenoxydulsalze.

Ammoniak: weißgrünlicher, bald schwarzgrün und zuletzt rothbraun werdender Niederschlag (Eisenoxydulhydrat §. 285); Ammoniaksalze verhindern die Fällung.
Blutlaugensalz: weißbläulicher, endlich dunkelblau werdender Niederschlag (292). Rothes Blutlaugensalz: dunkelblauer Niederschlag (Berlinerblau 293).
Galläpfeltinctur: violetter, endlich blauschwarz werdender Niederschlag (gerbsaures Eisenoxydul 285).

## 12. Eisenoxydsalze.

Ammoniak: rothbraune Fällung (Eisenoxydhydrat 285).
Blutlaugensalz: dunkelblaue Fällung (Berlinerblau 292). Rothes Blutlaugensalz: bewirkt keinen Niederschlag.
Schwefelcyankalium: blutrothe Färbung.
Galläpfeltinctur: blauschwarze Fällung (gerbsaures Eisenoxyd 285).

## 13. Mangansalze.

Ammoniak: weißlicher, bald bräunlich und zuletzt schwarzbraun werdender Niederschlag (Manganoxydulhydrat 300); Salmiak verhindert die Fällung.
$NH_3$,HS: fleischrother Niederschlag (Schwefelmangan 300).
Löthrohr: mit Soda und einer Spur Salpeter auf Platinblech oder Draht geschmolzen, entsteht eine heiß grüne, erkaltet blaugrüne Masse (mangansaures Natron).

### 14. Kobaltsalze.

Kali: blauer, allmälig grün werdender Niederschlag (§. 307).
Löthrohr: mit Borax geschmolzen, entsteht eine blaue Perle (Kobaltglas 304).

### 15. Nickelsalze.

Kali: hellgrüner Niederschlag (Nickeloxydulhydrat 307).

### 16. Zinksalze.

Ammoniak: weißer, gallertartiger Niederschlag (Zinkoxydhydrat), der sich in überschüssigem Ammoniak wieder löst; aus dieser Lösung wird durch $NH_3$, HS weißes Schwefelzink niedergeschlagen (312).
Löthrohr: mit Soda auf Kohle erhitzt, bildet sich ein Beschlag, der heiß gelb, erkaltet aber weiß aussieht (Zinkoxyd 310); Kobaltauflösung färbt dasselbe beim Glühen grün.

### 17. Zinnsalze.

Goldlösung bewirkt in Zinnoxydullösungen eine purpurrothe Färbung oder Fällung (Goldpurpur 322);
HS in den Oxydullösungen einen dunkelbraunen Niederschlag (Zinnsulfür), in den Oxydlösungen einen gelben (Zinnsulfid 325).

### 18. Bleisalze.

Schwefelsäure: weißer in verdünnten Säuren unlöslicher Niederschlag (schwefelsaures Bleioxyd). Durch $NH_3$, HS wird derselbe sofort schwarz (335).
Chromsaures Kali: gelber Niederschlag (chromsaures Bleioxyd 399).
Löthrohr: mit Soda auf Kohle erhitzt, entstehen geschmeidige Metallkügelchen, während die Kohle gelb beschlägt (331).

### 19. Wismuthsalze.

Wasser in reichlicher Menge zu Wismuthlösungen gesetzt, bewirkt eine weiße Trübung, indem sich ein basisches Wismuthsalz abscheidet (347).
Löthrohr: mit Soda auf Kohle erhitzt, erhält man spröde Metallkörner und auf der Kohle einen geringen gelben Beschlag (345).

### 20. Kupfersalze.

Ammoniak bewirkt einen grünlichblauen Niederschlag, der sich in überschüssigem Ammoniak zu einer tiefblauen Flüssigkeit auflöst (353).
Blutlaugensalz einen rothbraunen Niederschlag (Kupfereisencyanür 292), und ein
Eisenstäbchen eine Abscheidung von metallischem Kupfer in Gestalt eines gelblichrothen Ueberzugs (152).

Löthrohr: mit Soda auf Kohle erhitzt, erhält man nach dem Schlämmen Flitter von metallischem Kupfer (§. 355).

## 21. Quecksilbersalze.

Kali schlägt aus Oxydulsalzen schwarzes Quecksilberoxydul (368), aus Oxydsalzen röthlichgelbes Quecksilberoxydhydrat (371) nieder.

Salzsäure oder Kochsalz fällen aus ersteren weißes Quecksilberchlorür, welches durch Ammoniak schwarz wird (370); aus letzteren nichts.

Zinnchlorür schlägt beim Kochen das Quecksilber metallisch nieder (375).

Kupfer erlangt durch Reiben mit Quecksilberlösung eine weiße, silberähnliche Farbe (369).

## 22. Silbersalze.

Salzsäure oder Kochsalz: weißer, geronnener Niederschlag, der in Salpetersäure unlöslich, in Ammoniak aber löslich ist und am Lichte violett, endlich schwarz wird (Chlorsilber 381).

Löthrohr: mit Soda auf Kohle erhitzt, entstehen silberglänzende, hämmerbare Metallkügelchen (381).

## 23. Goldsalze.

Zinnchlorür: purpurrothe Fällung (Goldpurpur 388).

Eisenvitriol: Niederschlag von Goldpulver (387).

## 24. Platinsalze.

Kali oder Ammoniak: gelber, krystallinischer Niederschlag (Kaliumplatinchlorid 394, Platinsalmiak 392).

Löthrohr: bewirkt eine Reduction der Salze zu Metall (393).

## 25. Chromoxydsalze.

Kali: bläulichgrüner Niederschlag (Chromoxydhydrat), der sich in überschüssigem Kali zu einer dunkelgrünen Flüssigkeit löst (400).

Löthrohr: mit Borax auf Platindraht geschmolzen, erhält man eine heiß gelbgrüne, kalt dunkelgrüne Perle.

## 26. Chromsaure Salze.

Bleizucker: gelber Niederschlag (Chromgelb 399).

Schwefelsäure und Weingeist: Aenderung der gelben oder rothen Farbe in Grün beim Erhitzen (400).

## 27. Antimonverbindungen.

HS: orangefarbener Niederschlag (Schwefelantimon 407).

Löthrohr: mit Soda erhitzt, entstehen spröde Metallkügelchen und ein weißer Rauch, der die Kohle weiß beschlägt (403).

Marsh'scher Apparat (418).

### 28. Arsenverbindungen.

HS: gelber Niederschlag (Schwefelarsen §. 416).
Reductionsprobe (413).
Marsh'sche Probe (417).

### 29. Schwefelsaure Salze.

Chlorbarium: weißer, feinpulveriger, in Salzsäure und Salpetersäure unlöslicher Niederschlag (schwefelsaurer Baryt 171).
Bleizucker: weißer, in verdünnten Säuren unlöslicher Niederschlag (schwefelsaures Bleioxyd 335).

### 30. Schwefligsaure Salze.

Schwefelsäure entwickelt daraus ein wie brennender Schwefel riechendes Gas (50, 2. 174).

### 31. Phosphorsaure Salze.

Chlorbarium: weißer, in Salzsäure und Salpetersäure löslicher Niederschlag.
Silberlösung: gelber Niederschlag von phosphorsaurem Silberoxyd (176), der jedoch in Salpetersäure und auch in Ammoniak leicht löslich ist.
Magnesialösung und Ammoniak: weißer Niederschlag (vgl. Nr. 7).
Molybdänsaures Ammoniak und Salpetersäure: beim Erhitzen gelber Niederschlag.

### 32. Borsaure Salze.

Chlorbarium: weißer, in Salzsäure und Salpetersäure löslicher Niederschlag.
Schwefelsäure und Weingeist geben, damit erhitzt, eine grüne Flamme (182).
Vor dem Löthrohr schmelzen sie zu glasähnlichen Perlen.

### 33. Salpetersaure Salze.

Indiglösung und Schwefelsäure: beim Kochen wird die schwach blau gefärbte Flüssigkeit durch die in Freiheit gesetzte Salpetersäure entfärbt.
Schwefelsaures Eisenoxydul: versetzt man die Lösung mit etwas Schwefelsäure und wirft nach dem Erkalten einen Krystall von Eisenvitriol hinein, so färbt sich derselbe an den Rändern schwarzbraun (285 b).
Glühende Kohle bewirkt eine Verpuffung der darauf gestreuten salpetersauren Salze (207).

### 34. Chlorsaure Salze.

Verhalten sich gegen Indiglösung und auf glühenden Kohlen wie

die salpetersauren Salze; sie entwickeln aber, mit Salzsäure erwärmt, einen chlorartigen Geruch (§. 150).

### 35. Chlormetalle oder salzsaure Salze.

Silberlösung: weißer, geronnener, in Salpetersäure unlöslicher, in Ammoniak leicht löslicher Niederschlag von Chlorsilber, der sich bei längerem Stehen durch die Einwirkung des Lichts erst violett, später grauschwarz färbt (186).

Braunstein und Schwefelsäure: Chlorentwicklung beim Erhitzen (151).

### 36. Jodmetalle.

Silberlösung: gelblichweißer, in Ammoniak schwer löslicher Niederschlag von Jodsilber.

Braunstein und Schwefelsäure: beim Erhitzen entweichen violette Dämpfe von Jod (210).

Stärkekleister und Salpetersäure: blaue Färbung (Jodstärke 155).

### 37. Schwefelmetalle.

Salzsäure entwickelt aus den meisten derselben ein nach faulen Eiern riechendes Gas (HS. 132. 213); Spuren davon schon färben einen mit Bleizuckerlösung getränkten Papierstreifen braun bis schwarz (Schwefelblei).

Durchs Löthrohr erhitzt, erzeugt sich aus vielen ein stechender Geruch nach schwefliger Säure (130. 174).

### 38. Kohlensaure Salze.

Salzsäure entwickelt daraus unter Brausen ein geruchloses Gas (202. 237).

Kalkwasser wird durch sie milchig (kohlensaurer Kalk 115).

### 39. Oxalsaure Salze.

Gypswasser bewirkt einen weißen Niederschlag (oxalsaurer Kalk 197).

Erhitzt auf Platinblech, wandeln sie sich ohne Verkohlung in kohlensaure Salze um (197).

### 40. Weinsaure Salze.

Kali erzeugt Weinstein, wie in Nr. 2 (194).

Erhitzt auf Platinblech, zersetzen sie sich unter Abscheidung von viel Kohle und mit einem dem gebrannten Zucker ähnlichen Geruche (194).

### 41. Essigsaure Salze.

Schwefelsäure ruft beim Erhitzen daraus einen Geruch nach Essig, Schwefelsäure und Weingeist einen Geruch nach Essigäther hervor (198).

Erhitzt zersetzen sie sich unter Verkohlung und Entwicklung eines essigähnlichen Geruchs (198).

---

# Register.

L.

## S.

## W.



## Z.

# Verbesserungen.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Seite | 141, | Zeile 11 | von | oben, | statt: | 25° C. l. 250° C. |
| » | 313, | » 1 | » | unten, | » | 1613 » Antim. l. 1530. |
| » | 314, | » 1 | » | » | » | Antim. » 129 l. 123,4. |
| » | 317, | » 11 | » | oben | » | 50 l. 60. |
| » | 366, | » 2 | » | » | » | At.-Gew. = 697 l. 700. |
| » | 418, | » 13 | » | unten | | ist in der Ueberschrift »Pelopium« zu streichen. |
| » | — | » 6 | » | » | | ist nach »ausgegraben werden« anzufügen: Molybdänsaures Ammoniak ist ein sehr genaues Reagens auf Phosphorsäure (S. 692). |
| » | 423, | » 13 | » | » | | statt: 1613 l. 1530. |
| » | 442 | | | | | ist das in der Mitte zwischen Calcium und Magnesium stehende + zu streichen. |

## Verzeichniß der chemischen Geräthschaften,

welche zur Anstellung der in der Schule der Chemie angegebenen Experimente nothwendig sind.

---

Dieselben werden zu den beigesetzten Preisen vorräthig gehalten und sowohl im Ganzen als Einzelnen verkauft:

von Herrn C. Tiemann in Braunschweig;
» » Mechanikus F. Hugershoff in Leipzig;
» » Eduard Greßler in Berlin;
» » August Dreier in München;
» » G. A. Lenoir in Wien.

---

| A. Einfacher Apparat. | Sgr. od. Ngr. |
|---|---|
| 1) 4 Kochfläschchen . . . . . . . . . . . . . . | 5 |
| 2) 12 Probirgläschen, nebst Gestell . . . . . . . . | 11 |
| 3) 10 verschiedene, zum Theil gebogene Glasröhren, nebst durchbohrten Korken . . . . . . . . . . . | 10 |
| 4) 2 Kolben . . . . . . . . . . . . . . . . | 4 |
| 5) 2 Retorten . . . . . . . . . . . . . . . . | 4 |
| 6) 1 einfache Weingeistlampe von Glas mit Dochthalter von Messing . . . . . . . . . . . . . . . | 7½ |
| 7) 3 Glashafen . . . . . . . . . . . . . . . | 4½ |
| 8) 2 Opodeldocgläser . . . . . . . . . . . . . | 2 |
| 9) 2 Glastrichter . . . . . . . . . . . . . . | 4 |
| 10) 2 Glasstäbe . . . . . . . . . . . . . . . | 2 |
| 11) 1 Retortenhalter . . . . . . . . . . . . . | 16 |
| 12) 1 Platinblech . . . . . . . . . . . . . . | 10 |
| 13) 2 Platindrähte . . . . . . . . . . . . . . | 3 |
| 14) 1 einfaches Löthrohr . . . . . . . . . . . . | 6 |
| 15) 1 Dreifuß nebst einigen Drahtdreiecken . . . . . | 6½ |
| 16) 2 eiserne Schalen . . . . . . . . . . . . . | 10 |
| 17) 3 Abdampfschalen von Porzellan . . . . . . . . | 8½ |
| 18) 1 Schmelztiegel desgl. . . . . . . . . . . . | 2 |
| 19) 1 Korkfeile . . . . . . . . . . . . . . . | 2½ |
| 20) 1 Stückchen Drahtnetz . . . . . . . . . . . | 1 |
| 21) 1 Mörser . . . . . . . . . . . . . . . . | 5 |
| 22) 1 zusammengelötheter Kupfer- und Zinkstreifen . . | 2 |
| 23) 1 Zinkstäbchen . . . . . . . . . . . . . . | 1 |
| Für Kiste und Verpackung . . . . . . . . . . | 7½ |
| | Summa 4½ Thlr. |

### B. Ein vollständigerer und eleganterer Apparat,

mit mehr Glasgeräthschaften, Bechergläsern, Löthrohr mit Platinspitze rc., ist durch die gedachten Handlungen, wie auch durch die Herren Luhme u. Comp. in Berlin, für den Preis von 8 Thlr. zu beziehen.

Eine Handwage mit Messingbalken und Hornschalen, nebst Gewichten dazu, kostet ungefähr 2--2½ Thlr.; eine Lampe mit doppeltem Luftzuge nebst Zubehör 4—5 Thlr.

Die zu den Versuchen erforderlichen Chemikalien, Medicingläser, Korke rc. sind in jeder Apotheke anzutreffen.

Verzeichniß der chemischen [illegible]

[illegible]

[illegible]

A. Einfacher Apparat.

[illegible]

B. Ein vollständiger und eleganter Apparat.

[illegible]

## Notiz

Wasser. Weingeist. Schwefelsäure. Salpetersäure. Verdünnte Schwefelsäure.

Ätzkali. Ätzkalk.

Stöckhardt, Julius Adolph,

Die Schule der Chemie, oder erster Unterricht in der Chemie, versinnlicht durch einfache Experimente zum Schulgebrauch und zur Selbtbelehrung, insbesondere für angehende Apotheker, Landwirthe, Gewerbtriebende etc

Braunschweig 1858